



Sveučilište u Zagrebu  
KINEZIOLOŠKI FAKULTET

Vlatka Wertheimer

# **UTJECAJ SKAKAČKOG TRENINGA NA TLU I U VODI NA MOTORIČKE SPOSOBNOSTI**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2015.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Vlatka Wertheimer

**THE EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING PERIOD  
ON LAND VERSUS IN WATER ON  
MOTOR ABILITIES**

DOCTORAL THESIS

Zagreb, 2015.



Sveučilište u Zagrebu

KINEZIOLOŠKI FAKULTET

VLATKA WERTHEIMER

# **UTJECAJ SKAKAČKOG TRENINGA NA TLU I U VODI NA MOTORIČKE SPOSOBNOSTI**

DOKTORSKI RAD

Mentor:

Prof.dr.sc. Ljubomir Antekolović

Zagreb, 2015.



University of Zagreb

FACULTY OF KINESIOLOGY

Vlatka Wertheimer

**THE EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING PERIOD  
ON LAND VERSUS IN WATER ON  
MOTOR ABILITIES**

DOCTORAL THESIS

Supervisor:

Prof.dr.sc. Ljubomir Antekolović

Zagreb, 2015.

## ZAHVALA

Ova doktorska disertacija, koja je punoporavni član mog svakodnevnog života od upisa u doktorski studij, sada službeno postaje i dio mojih pisanih tragova, no bilo bi izuzetno škrto i drsko pripisati zasluge ovoga rada samo sebi, jer ovaj rad najmanje pripada meni. On pripada svim mojim profesorima na doktorskom studiju kineziologije, i naravno na diplomskom studiju, svim mojim prijateljima i kolegama s fakulteta, svim kolegama i ljudima koji su mi pomogli da se stručno i znanstveno obrazujem i usavršavam i naravno cijeloj mojoj obitelji koja je itekako dala svoj pečat ovoj doktorskoj disertaciji. Od ovog trenutka, ova disertacija pripada svakome tko je uzme u ruke u nadi da će mu koristiti, kako u znanstvene i edukativne svrhe, tako i u praktičnom smislu.

Iskreno se zahvaljujem mom mentoru prof. dr. sc. Ljubomiru Antekoloviću koji mi je dao potpunu slobodu u kreiranju, istraživanju i pisanju, ali uvijek i u pravom trenutku davao prave savjete i upute kako bi ova disertacija imala nit poveznicu od početka do kraja. Također ovim putem zahvaljujem se svom stricu Zoranu Nadu koji mi je pomogao više nego što ja to mogu riječima opisati i djelom pokazati, a također i doc. dr. sc. Vatroslavu Šeriću, mag. med. biochem. koji mi je omogućio korištenje laboratorijske i medicinske aparature. Veliko hvala prof. dr. sc. Igoru Jukiću i ostalim profesorima s usmjerenja Kondicijska priprema sportaša koji su me naučili i dalje uče struci koju zbog njih volim i filozofiji „*bridging the gap between science and practice*“, a posebno hvala dr. sc. Cviti Gregov koja me je savjetima usmjeravala kako u znanstvenom tako i u svakodnevnom životu. Dužna sam i više od zahvale pružiti dragim prijateljima koji su me redovito pozitivno podbadali, ali i poticali. Zato hvala vam Lana, Dajana, Lena, Jelena, Dolores, Darko, Marko, Ana i svim ostalima jer bi mogla u nedogled nabrajati.

I jedno veliko i iskreno HVALA cijeloj užoj i široj obitelji te ovo postignuće, koje je samo početak i uvod, posvećujem onima koje najviše volim i koji to najviše zaslužuju: mama, tata i burajz.

# UTJECAJ SKAKAČKOG TRENINGA NA TLU I U VODI NA MOTORIČKE SPOSOBNOSTI

## SAŽETAK

Osnovni cilj ovog istraživanja jest utvrditi razlike u učincima programa skakačkog treninga provedenog na tlu te identičnog programa provedenog u vodi na motoričke sposobnosti. Istraživanje je provedeno na 31 studentu druge godine Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu koji, osim u realizaciji praktične nastave, nisu bili uključeni u dodatni oblik tjelesnog vježbanja. Ispitanici su bili slučajnim odabirom raspoređeni u dvije eksperimentalne i kontrolnu grupu. Eksperimentalni trenažni program treninga trajao je osam tjedana u okviru kojih je realizirano ukupno 16 treninga. Prije i nakon programa treninga ispitanici su podvrgnuti testiranju motoričkih sposobnosti kroz testove vertikalnog skoka, skoka u dalj s mjesta, testove sprinta na 5, 10 i 20 metara i testa agilnosti. Uz analizu utjecaja na motoričke sposobnosti praćeni su biomehanički parametri skoka iz čučnja, skoka iz čučnja s pripremom, jednonožnog skoka iz čučnja s pripremom dominante i nedominantne noge te uzastopnih skokova iz stopala i iz čučnja. Tijekom programa, na početku i na kraju, ispitanici su bili prisutni na mjerenju biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja.

Rezultati su pokazali da u prostoru motoričkih sposobnosti postoji statistički značajna razlika između eksperimentalnih i kontrolne grupa nakon tretmana. Daljnjom analizom utvrđeno je kako postoje statistički značajan utjecaj eksperimentalnih programa, no ne i statistički značajne razlike među eksperimentalnim grupama. Detaljnijom analizom utvrđeno je kako se eksperimentalna grupa u vodi se statistički značajno razlikovala od kontrolne grupe u četiri od pet varijabli (vertikalni skok, brzina na 5m, agilnost 20 *yardi* i impuls sile u koncentričnoj fazi) koje su se istaknule kao značajne na temelju univarijatne analize varijance među svim grupama.

Između eksperimentalnih grupa također nije utvrđena statistički značajna razlika niti u jednom od biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja, no kod eksperimentalne grupe na tlu u oba mjerenja dokazano je statistički značajno povećanje kreatin kinaze nakon provedenog

skakačkog treninga. Multivarijantnom analizom varijance eksperimentalnih grupa u tri mjerjenja nisu dokazane statistički značajne razlike, odnosno rezultati u testovima motoričkih sposobnosti nisu pokazali da se grupe razlikuju u zaostalim učincima eksperimentalnog programa.

Ovim istraživanjem pokazano je kako fizički aktivne osobe, studenti druge godine Kineziološkog fakulteta, zbog čijeg visokog statusa kondicijske pripremljenosti rezultati se mogu generalizirati na populaciju sportaša u sportskim igrama, pod utjecajem skakačkog programa u vodi mogu unaprijediti motoričke sposobnosti, no ne statistički značajno različito od grupe na tlu, ali ipak s nešto manjim vrijednostima mišićnog oštećenja i to kao rezultat smanjenih ekscentričnih opterećenja u vodi. Manje ekscentrično opterećenje i smanjenja SSC funkcija tijekom izvedbe skokova u vodi rezultira promjenom u obrascu kretanja, odnosno specifičnom adaptacijom mišićnih ekstenzora nogu te bržom izvedbom koncentrične faze skoka na temelju čega skakački program u vodi može unaprijediti vertikalni skok, brzinu i agilnost.

**Ključne riječi:** skakački trening, skakački trening u vodi, motoričke sposobnosti, mišićna oštećenja, biomehaničke karakteristike, obrazac kretanja

# **THE EFFECTS OF PLYOMETRIC TRAINING PERIOD ON LAND VERSUS IN WATER ON MOTOR ABILITIES**

## **ABSTRACT**

The main goal of this study was to evaluate the differences in the effects of a plyometric program conducted on the ground and an identical program conducted in water on motor abilities. The study was conducted on the sample of 31 second year kinesiology student at School of Kinesiology, University of Zagreb, which were not included in the additional form of physical exercise except experimental program and equal realization of practical training education at college. Subjects were randomly assigned to two experimental and control group. The experimental training program lasted for eight weeks and a total of 16 training sessions was included. Before and after experimental training programs assessment was done by participants. Conducted motor abilities test were vertical jump, standing long jump, 5, 10 and 20 meters sprint time and a test of agility. Along with the analysis of the impact on motor abilities there were observed biomechanical parameters during squat jump, countermovement jump, single leg jump with dominant and non-dominant leg and repeated jumps in two conditions. At the beginning and the end of experimental training program participants underwent a measurement of biochemical indicators of muscle damage.

The results showed statistically significant differences between the experimental and control groups after treatment in the area of motor abilities. Further analysis found that there was statistically significant effect of experimental training programs, but no statistically significant differences among the experimental groups. A more detailed analysis showed that the experimental group in water was significantly different from the control group in four out of the five variables (vertical jump, 5m speed time, 20 yards agility time and force impulse in the concentric phase) that have been pointed out as significant based on univariate analysis of variance among all groups.

Also no significant difference was found in any of the biochemical indicators of muscle damage between experimental groups, but the ground group showed a statistically significant



increase in creatine kinase after the plyometric training sessions. No significant differences was found using multivariate analysis of variance within three measurements of experimental groups. Results of motor ability test showed that the groups do not differ in the residual effects of the experimental training program.

This study demonstrated that physically active people, second year kinesiology students, can improve motor abilities under the influence of plyometric program in water, not statistically significantly different from ground group, but with slightly lower values of muscle damage as a result of reduced eccentric load in the water. Less eccentric load and decreased SSC mechanisms during the execution of jumps in water results in a changes and specific adaptations of the movement pattern which are improved leg muscle extensors function and faster concentric phase performance in the water which can result with vertical jump, speed and agility improvement.

**Keywords:** plyometric training, aquatic plyometric training, motor abilities, muscle damage, biomechanical characteristics, movement pattern

# SADRŽAJ

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. Ciklus istežanja-skraćivanja (SSC) .....	2
1.1.1. Pozadinski mehanizmi SSC–a povezani s poboljšanjem izvedbe .....	3
1.2. Utjecaj različitih opterećenja na mehaničke izlaze mišića mišićnog sustava nogu .....	5
1.3. Skakački trenažni program .....	7
1.3.1. Utjecaj različitih skakačkih (plimetrijskih) tretmana na tlu na motoričke sposobnosti i izvedbu .....	7
1.3.2. Utjecaj različitih skakačkih (plimetrijskih) tretmana na tlu na pojavu mišićne bolnosti i oštećenja .....	9
1.4. Utjecaj vode na ljudsko tijelo .....	11
1.4.1. Utjecaj različitih skakačkih (plimetrijskih) tretmana u vodi na motoričke sposobnosti i izvedbu .....	12
1.4.2. Utjecaj različitih skakačkih (plimetrijskih) tretmana u vodi na pojavu mišićne bolnosti i oštećenja .....	16
<b>2. PROBLEM ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>17</b>
<b>3. CILJ I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>19</b>
<b>4. METODE ISTRAŽIVANJA .....</b>	<b>21</b>
4.1. Ispitanici .....	21
4.2. Uzorak varijabli i protokol testiranja .....	23
4.3. Plan istraživanja .....	27
4.3.1. Eksperimentalni skakački trenažni program .....	29
4.4. Mjerni instrumenti .....	34
4.5. Opis mjernih postupaka .....	38
4.6. Metode obrade podataka .....	41
<b>5. REZULTATI I RASPRAVA .....</b>	<b>42</b>
5.1. Osnovni statistički parametri varijabli morfoloških karakteristika .....	42
5.2. Osnovni statistički parametri varijabli motoričkih sposobnosti i biomehaničkih varijabli ..	45
5.3. Analize varijance između kontrolne i eksperimentalnih grupa .....	51
5.4. Analiza razlika u biomehaničkim pokazateljima .....	65
5.5. Analiza razlika u biokemijskim pokazateljima mišićnog oštećenja .....	77
5.6. Analiza rezidualnih učinaka trenažnih programa .....	83
<b>6. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>88</b>
<b>7. LITERATURA .....</b>	<b>93</b>
<b>8. ŽIVOTOPIS I POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA .....</b>	<b>103</b>

## 1. UVOD

Skakački trening (pliometrijski trening; PT) predstavlja trenažnu metodu koja se koristi u svrhu poboljšanja skakačkih tehnika i sposobnosti te mišićne jakosti, snage, agilnosti i sprint-izvedbe (Holcomb i sur., 1998; Marković i Mikulić, 2010; Miller i sur., 2001). Skakačke vježbe koje su dio pliometrijskog spektra vježbi mogu se podijeliti na a) poskoke; b) skokove; c) naskoke-saskoke i d) „šok“ vježbe koje sadrže u svojoj izvedbi karakterističan ciklus istezanja-skraćivanja (eng. *SSC; stretch-shortening cycle*) u kojem dolazi do nagle i intenzivne ekscentrične kontrakcije nakon koje slijedi brza koncentrična kontrakcija rezultirajući s eksplozivnom izvedbom vježbe. Upravo iz razloga što unaprjeđuje motoričku izvedbu, ali i zbog adaptacija na neuromuskularnoj, koštanoj i mišićno-tetivnoj razini, skakački je program sastavni dio mnogih individualnih i timskih sportova, odnosno njihovih trenažnih programa. Unatoč mnogobrojnim benefitima, u velikom broju slučajeva, skakački trenažni program može rezultirati mišićnim oštećenjima i bolnosti koji nisu poželjni u određenim ciklusima sportske pripreme, a također može rezultirati ozljedama donjih ekstremiteta, odnosno lokomotornog sustava poput oštećenja meniskusa, Ahilove tetive i ostalih tetiva potkoljenice, patelarnim tendinitisom, oštećenjima u kostima donjih ekstremiteta, koje su rezultat stres-fraktura. Sve prethodno navedene ozljede posljedice su velikog intenziteta, sila reakcija podloge i visokog gradijenta sile u ekscentričnoj fazi skokova, zatim prevelike primjene sličnih i istih skakačkih trenažnih operatora s nedovoljnim vremenom oporavka i adaptacije, a također zbog neadekvatne tehnike, a potom i zbog velike tjelesne mase sportaša koja pridonosi visokim silama reakcije podloge (Donoghue i sur., 2011; Robinson i sur. 2004; Triplett i sur., 2009).

Primjena skakačkog treninga u vodi dosad nije bio niti primarni izbor trenera, niti su ga često istraživali sportski znanstvenici, no s počecima 21-og stoljeća dobivaju na važnosti, primarno zbog zdravstvenih razloga, svi oblici trenažnih programa u vodi, pa tako i primjena skakačkog trenažnog programa u vodi s mogućim benefitima skakačkog treninga na tlu uz smanjenu mogućnost mišićnih oštećenja i bolnosti te ozljeda lokomotornog sustava.

## 1.1. Ciklus istežanja-skraćivanja (SSC)

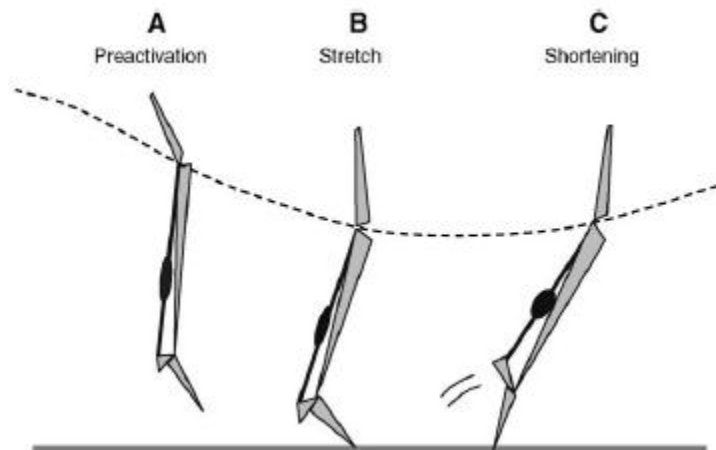
Ciklus istežanja-skraćivanja (SSC, eng. *stretch-shortening cycle*) predstavlja fenomen kojeg opisuje obrazac kretanja pri kojem se mišićno-tetivne jedinice (MTU, eng. *muscle-tendon units*) prvo značajno istežu, nakon čega slijedi brzo skraćivanje bez značajnih perioda pauze između te dvije faze. Tipične aktivnosti u kojima se koristi ovaj mehanizam su hodanje, trčanje, skakanje, poskakivanje, udaranje, bacanje i druge te upravo SSC unaprjeđuje završnu izvedbu aktivnosti u usporedbi s izoliranom koncentričnom kontrakcijom (Komi, 2003). Osim unaprjeđenja propulzivnih sila, efikasni SSC može utjecati na smanjenu metaboličku (energetsku) vrijednost pokreta (Turner i Jeffreys; 2010) te iz tih razloga mnogi treneri koriste pliometrijski trening kako bi unaprijedili sportašev potencijal za iskorištavanjem SSC-a. Kada se spominje pliometrija, upravo je ona postala i sinonim za SSC jer je esencijalna za mnoge kretnje u raznim timskim, ali i individualnim sportovima. Fenomen SSC-a razlikuje se prema trajanju pojedinih aktivnosti te se razlikuje spori SSC, s trajanjem faze kontakta duže od 0,25 s, i brzi SSC, s trajanje faze kontakta kraće od 0,25 s, no bez obzira na fazu kontakta, predistezanje povećava mogućnost mišića za većom izlaznom silom i radom u koncentričnoj fazi (Bobbert i sur., 1996a; Markovic i Mikulic, 2010; Kobsar i Barden, 2011; Komi, 2003). Kao mogući su mehanizmi koji utječu na poboljšani SSC, a time i na izvedbu, pohranjivanje i iskorištavanje elastične potencijalne energije (Blazevich, 2011; Markovic i Mikulic, 2010; Turner i Jeffreys; 2010), potom kontraktilni mehanizmi poput potencijacije, produženog vremena za mišićnu aktivaciju, doprinos refleksa, mišićno-tetivna interakcija i dr. (Blazevich, 2011).

Uz provedbu operatora za koji je karakterističan ciklus istežanja-skraćivanja, poput trčanja, poskoka i skokova, veže se umor, odnosno dramatičan pad u proizvodnji sile i snage. SSC umor kompleksan je problem neuromuskularnog sustava, mehaničkog, metaboličkog i neuralnog karaktera (Nicol i sur., 2006). Takvi operatori uzrokuju trenutni pad izvedbe i sposobnosti, potom oporavak unutar 1-2h i zatim sekundarni pad sposobnosti i izvedbe i to u trajanju do dva dana nakon vježbanja (Komi, 2000; Nicol i sur., 2006). Pad u sposobnostima rezultat je mišićnog oštećenja i njegovog utjecaja na mišićnu mehaniku, krutost tetiva i mišića te smanjeni doprinos refleksa (Komi, 2000; Komi, 2003). Također, trenutni umor uzrokovan je metaboličkim smetnjama, dok je sekundarni umor povezan s poznatim upalnim procesima vezanim uz mišićno oštećenje (eng. *DOMS*, zakašnjela pojava mišićne bolnosti) (Faulkner i sur., 1993, prema Komi, 2000).

### 1.1.1. Pozadinski mehanizmi SSC-a povezani s poboljšanjem izvedbe

Jedan je od pozadinskih mehanizama SSC-a pohranjivanje i iskorištavanje elastične energije (EE). On se zasniva na mogućnosti tetivnog i mišićnog tkiva, prvenstveno tetivnog, da pohrani energiju tijekom faze istezanja, a potom se tijekom koncentrične faze tetive brzo skraćuju, a mišićno se tkivo nalazi u optimalnom položaju za veću proizvodnju sile. Količina pohranjenje energije hipotetski je jednaka količini aplicirane sile i induciranoj deformaciji tkiva (Turner i Jeffreys; 2010; Willson i Flanagan, 2008), no u ovisnosti od trajanja faze kontakta, pohranjena energija može se iskoristiti, odnosno ukoliko je faza kontakta predugačka, potencijalna se energija pretvara u toplinsku. Uz trajanje kontakta, važnu ulogu ima i krutost nogu (zglobova), pri čemu se integriraju komponente krutosti mišića, tetiva i ligamenata u zglobu, a koja je u negativnoj korelaciji s trajanjem kontakta. Komi (2003) sugerira veću krutost donjih ekstremiteta tijekom SSC vježbi, pri čemu će se realizirati veća pohrana i iskorištavanje EE-a. Prema istraživanjima, krutost zglobova (zgloba koljena i gležnja) izuzetno je važna za izvedbu *drop jump*-a, ali i drugih skokova (Arampatiz i sur., 2001), no takvi trenažni operatori ne utječu na krutost i promjene u tetivama, nego se adaptacija odvija na razini mišića (Kubo i sur., 2007). U skladu s tim, preporuka je prvo treningom jakosti utjecati na krutost tetiva, a potom pliometrijskim treningom utjecati na željene strukturalne mišićne adaptacije (Turner i Jeffreys; 2010). Uz krutost donjih ekstremiteta i elastičnu energiju, Nicol i sur. (2006) te Bobbert i suradnici (1996a, 1996b) navode da je zapravo produženo vrijeme mišićne aktivacije odgovorno za unaprjeđenje SSC-a i izvedbe, gdje na temelju ekscentrične faze opterećenja mišićna sila raste, pa je time, i prije početka koncentrične faze, mišićna sila veća, a s njom i rad. No pri brzim SSC kretnjama (< 100 ms za vrijeme kontakta), veća je vjerojatnost da će puno veću korist imati od iskorištavanja elastične energije te će važnost tog mehanizma imati manji utjecaj što je kraće trajanje izvedbe (Finni i sur., 2003). Iako ni neuralni mehanizmi do kraja nisu poznati i istraženi, pretpostavka je da Golgijev tetivni refleks i monosinaptički i funkcionalni refleks istezanja (miotaktički refleks) mogu doprinijeti SSC izvedbi, iako su Finni i sur. (2001) elektromiografskim istraživanjem SSC izvedbe i izometričkih uvjeta izvedbe dokazali da refleksna aktivnost nije povezana s izlaznom silom tijekom SSC-a. Jedan od mogućih objašnjenja su različiti SSC fenomeni, odnosno kratki i dugi, ovisno o trajanju kontakta s podlogom (Markovic i Mikulic, 2010; Wilson i Flanagan, 2008), a prema preglednom

pristupu Blazevicha (2011) bez obzira na to je li vidljiva veća mišićna aktivnost, refleks istezanja može pridonijeti mišićnoj sili i krutosti, a tako i SSC izvedbi.



**Slika 1.** Preaktivacija (A), faza istezanja (B), faza skraćivanja (C)(Komi, 2000; Nicol i sur., 2006).

## 1.2. Utjecaj različitih opterećenja na mehaničke izlaze mišića mišićnog sustava nogu

Pliometrijske aktivnosti poput trčanja i skakanja zahtijevaju različite izlaze mišićnog sustava, naravno one živčane izlaze koji obuhvaćaju prostornu i vremensku preciznost te preciznu proizvodnju sile, pa tako i one mehaničke izlaze koji podrazumijevaju brzinu i rad te je upravo snaga najvažniji mehanički izlaz koji je produkt mišićne sile i brzine reakcije.

Gledajući odnos sile i brzine, vidljiv je njihov recipročan odnos gdje je pri većem opterećenju sporija izvedba, odnosno smanjenjem sile dolazi do povećanja brzine.

S druge strane, snaga, odnosno sposobnost generiranja maksimalne snage u određenom pokretu i mišiću proizvodi se pri optimalnim vrijednostima opterećenja (sile) i brzine. Većina mjerenja izvedbe određenih pokreta temelje se na „vanjskom“ snimanju izvedbe kroz određene mehaničke varijable, no u određenim situacijama nije moguće adekvatno zaključiti i interpretirati rezultate s obzirom na to da vanjsko opterećenje nije jednako za svaki pokret, pa tako pri vertikalnom skoku opterećenje je tjelesna težina, dok pri trčanju većina opterećenja rezultat je inercije ekstremiteta (Markovic i Jaric, 2007). Moguće je zaključiti i da isti tretman neće imati jednaki „output“ kroz dva prikazana oblika kretanja. Također se onda nameće pitanje kako različite vrste opterećenja imaju utjecaj na izvedbu. Markovic i Jaric (2007) svojom su studijom nastojali utvrditi i evaluirati učinke vanjskog opterećenja na mehaniku vertikalnog skoka, hipotetizirajući kako u uvjetima bez opterećenja, mišićna snaga i ostali parametri imaju više vrijednosti nego u uvjetima s pozitivnim i negativnim vanjskim opterećenjem. Petnaest je fizički aktivnih osoba na platformi za mjerenje sila reakcija podloge uz pomoć sustava kolotura izvodilo skokve iz čučnja s pripremom (CMJ) te su zaključili da su pri dodanom vanjskom opterećenju, srednje vrijednosti snage i momentuma veće bez obzira na smanjenje vrijednosti maksimalne brzine i spuštanja centra tijela tijekom ekscentrične faze skoka. Dobiveni rezultati sugeriraju kako tjelesna težina pruža optimalno opterećenje za proizvodnju maksimalnih mehaničkih izlaza pri vertikalnim skokovima. Prema MDO hipotezi (eng. *maximum dynamic output*, maksimalni izlaz mišića), Jaric i Markovic (2009) predlažu da je maksimalni izlaz mišića donjih ekstremiteta, snagu, moguće očekivati pri opterećenju vlastite tjelesne težine tijekom izvedbe brzih eksplozivnih pokreta. U nastavku istraživanja iste problematike Markovic i sur. (2011) na sličan su način istraživali učinke skakačkog programa među 32 ispitanika u uvjetima negativnih opterećenja (-30 % tjelesne težine) i u uvjetima pozitivnih opterećenja (+30 % tjelesne težine). Time su dokazali da su obje grupe unaprijedile visinu CMJ-a i naglasili kinematičke i kinetičke promjene skoka kod grupe s

negativnim opterećenjima te otkrili novinu koju je potrebno još istražiti biomehanički i neuromuskularno. Međutim, djelomično se napredak može pripisati izmjenjenom obrascu kretanja tijekom izvedbe skoka i time poboljšanim kinetičkim parametrima i onima vezanim uz mišićnu snagu u koncentričnim uvjetima.

Razlike između treninga jakosti i balističke snage istraživali su Cormie i sur. (2007a) te utvrdili da relativno netrenirani pojedinci mogu unaprijediti svoju atletsku izvedbu na temelju povećanja maksimalne jakosti. Došli su do zaključka da maksimalna jakost ima važnu ulogu u proizvodnji maksimalne snage i atletske izvedbe. Za razliku od tog istraživanja, Nuzzo i sur. (2010) ukazali su kako skokovi i izvedba obrazaca kretanja s tjelesnom težinom kod tjelesno aktivnih i neaktivnih osoba predstavlja optimalno opterećenje za unaprjeđenje maksimalnih mišićnih izlaza, snage. Moguće je zaključiti kako tjelesna težina predstavlja optimalno opterećenje za testiranje, ali i unaprjeđenje snage pri izvedbi kretnji poput skokova za fizički aktivne osobe (Jaric i Markovic, 2009; Cormie i sur., 2007b; Markovic i Jaric, 2007). Nasuprot tomu, novija istraživanja (Argus i sur., 2011; Vuk, 2011; Vuk i sur., 2012; Markovic i sur., 2011) ukazuju na to kako upravo negativna opterećenja, „rasterećenja“, odnosno izvedba skokova s manjom težinom od vlastite tjelesne težine mogu imati veće učinke od trenažnog programa provedenog s nulnim opterećenjem (vlastita tjelesna težina) i dodatnim opterećenjem. Pretpostavlja se da asistirani skokovi potiču nožne ekstenzore da brže razviju mišićnu silu, odnosno pridonose gradijentu sile, a moguće je da kroz smanjenje antagonističke deaktivacije djeluju kao „*over-speed*“ stimulus. Taj „*over-speed*“ stimulus podrazumijeva asistenciju kako bi sportaš brže skakao ili sprintao, što može postići uz smanjenje tjelesne težine, na temelju asistirajuće sprave ili rekvizita koji omogućava postizanje većih brzina donjih ekstremiteta što rezultira većom brzinom ili višim skokovima. Vidljivo je da je i dalje nedovoljno istražen problem rasterećenja skakačkog programa i njegovog utjecaja na atletsku izvedbu i mogućnost unaprjeđenja mehaničkih izlaza u takvim uvjetima.



### 1.3. Skakački trenažni program

Eksplzivni kretni obrasci dio su velikog broja individualnih sportova poput tenisa, *squash-a*, atletike, gimnastike i dr., a također su bitan dio sportskih igara poput nogometa, košarke, odbojke, ragbija, rukometa i ostalih. Upravo se skakački (plimetrijski) trenažni program redovito provodi u takvim aktivnostima, kao program koji unaprjeđuje motoričke sposobnosti i izvedbu eksplozivnih kretnih obrazaca pa tako brzinu, agilnost, vertikalnu skočnost, izotoničku i izometričku snagu nogu, smanjuje vrijeme kontakta s podlogom tijekom sprinta i skokova, skraćuje amortizacijsku fazu kretnih struktura, povećava gradijent sile kako tijekom ekscentrične faze tako i tijekom koncentrične faze kretnih struktura, prvenstveno onih u kojima sudjeluje SSC (eng. *stretch shortening cycle*, ciklus istežanja skraćivanja) (Antekolović i sur., 2003).

#### 1.3.1. Utjecaj različitih skakačkih (plimetrijskih) tretmana na tlu na motoričke sposobnosti i izvedbu

Izvedba skokova na tlu uzrokuje vrijednosti sile reakcije podloge tijekom doskoka u vrijednostima od 4,32 do 6,77 puta veće od tjelesne težine (Donoghue, 2011; Triplett i sur., 2009; Ebben i sur., 2010). Uz silu reakcije podloge, gradijent sile (RFD; eng. *rate of force development*) također je jedan od indikatora opterećenja pri izvedbi pojedinog skoka, odnosno plimetrijskog trenažnog operatora te se sastoji od dva dijela; RFD u ekscentričnoj fazi tijekom doskoka i u koncentričnoj fazi skoka. Jedna je od pretpostavki da prevelike vrijednosti obaju parametra mogu uzrokovati mišićno-tetivne ozljede, no u suprotnome mogu unaprijediti eksplozivnu motoričku izvedbu. Najčešći parametar koji se proučavao bio je vertikalni skok čiji je obrazac kretanja neizostavni dio niza timskih i individualnih sportova. Marković (2007) je meta-analizom odredio na temelju 26 studija utjecaj plimetrijskog treninga na visinu vertikalnog skoka i time zaključno prikazao kako takav oblik tretmana unaprjeđuje visinu vertikalnog skoka za 4,7 % za skok iz čučnja i skok s povišenja, preko 7,5 % za skok iz čučnja s pripremom i zamahom, pa sve do 8,7 % za skok iz čučnja s pripremom. Marković je zaključio da je opravdana primjena takvog oblika tretmana u svrhe unaprjeđenja vertikalne izvedbe kod zdravih osoba.

U istraživanju Holcomba i sur. (1996) utvrđeno je da su dva različita skakačka programa unaprijedila visinu vertikalnog skoka. Iste rezultate potvrdili su Thomas i sur. (2009) gdje su

nogometaši također s dva različita skakačka programa statistički značajno unaprijedili vertikalnu izvedbu, a također su Khlifa i sur. (2010) pokazali da je i kod košarkaša statistički značajno bolja vertikalna izvedba pri skoku iz čučnja i pri skoku s pripremom iz čučnja nego kod kontrolne grupe. Pregledni rad Markovića i Mikulića (2010) ukazuje da većina dosadašnjih istraživanja dokazuje poboljšanu skakačku izvedbu (9,9 % za skok iz čučnja s pripremom, 13,4 % za skok s povišenja i 8,1 % za skok iz čučnja), iako postoji nekolicina istraživanja u kojima nije dokazan nikakav pomak u rezultatima što može biti rezultat i nedovoljnog trenažnog stimulusa i nedovoljnog vremena za oporavak prije testiranja.

Uspoređujući s vertikalnom izvedbom, horizontalna izvedba je puno manje istraživana. U prosjeku skakački trenažni program utječe na poboljšanje horizontalne skakačke izvedbe od 4,1 % (Marković i Mikulić, 2010). Markovic i sur. (2007) u svom istraživanju dokazali su poboljšanje od 2,8 % nakon deset tjedana skakačkog programa, no generalna pretpostavka je da će skakački trenažni program imati utjecaj ovisno o specifičnosti programa i njegovoj usmjerenosti.

Gledajući sprint-izvedbu (10 metara do 60 jardi), koja također u ovisi o eksplozivnoj koncentričnoj i SSC izvedbi, utjecaj skakačkog programa je u prosjeku od 1,3 % do 2,2 % (Marković i Mikulić, 2010). Rimmer i Sleivert (2000) naglasili su kako specifični pliometrijski program može unaprijediti sprint-izvedbu identično kao i sprint-program i to na temelju skraćenog vremena kontakta s podlogom, a najveće se poboljšanje očituje u startnoj akceleraciji do 10 metara. Thomas i sur. (2009) u svom istraživanju nisu niti s jednim od dva do šest tjedna skakačka programa unaprijedili sprint-izvedbu kod nogometaša. S obzirom na to da su kod skakačkog programa uključene bilateralne vježbe s dužinom kontakta s podlogom oko 300 ms do < 200 ms, a sprint-izvedbu karakteriziraju unilateralne kretnje s trajanjem kontakta od < 200 ms do < 100 ms, moguće je zaključiti kako određeni skakački programi, kratkog trajanja i s dužim trajanjem kontakta s podlogom, neće rezultirati boljom sprint-izvedbom.

Agilnost se kao sposobnost brze promjene smjera kretanja ističe u sportskim igrama, te kao takva ovisi eksplozivnim sposobnostima donjih ekstremiteta, pravilnoj tehnici i anticipaciji. Pregledni rad Markovića i Mikulića (2010) pokazao je kako skakački trenažni programi rezultiraju poboljšanjem i to od 1,5 % do 10,2 %, na raznim testovima agilnosti. S obzirom da skakačke vježbe uključuju prvotno pokretanje (startanje, akceleraciju mase), potom zaustavljanje, promjenu nogu i smjera kretanja u eksplozivnom obliku kretanja, logično je zaključiti kako će upravo takav oblik kretanja utjecati i na agilnost (Miller i sur., 2006). Markovic i sur. (2007) unatoč velikom broju istraživanja u kojima postoji poboljšanje u

testovima agilnost, nisu dobili statistički značajno poboljšanje nakon 10 tjedana skakačkog tretmana na fizički aktivnim osobama, dok su Thomas i sur. (2009) na primjeru nogometaša dokazali kako dva različita skakačka programa, jedan s naglaskom na skokove s pripremom i drugi s naglaskom na skokove s povišenja, mogu statistički značajno utjecati na poboljšanu izvedbu u testu agilnosti.

### *1.3.2. Utjecaj različitih skakačkih (plimetrijskih) tretmana na tlu na pojavu mišićne bolnosti i oštećenja*

Razni trenažni protokoli mogu uzrokovati značajne mikrotraume na mišićnim stanicama. Upravo pliometrijski trening i naglašena ekscentrična kontrakcija i balistički segment pliometrije uzrokuju oštećenja poput patelarnog tendinitisa, upala ahilovih tetiva, oštećenja meniskusa, pucanje membrane mišićnih stanica i istjecanje biokemijskih pokazatelja poput kreatin kinaze (CK) i laktat dehidrogenaze (LDH) koji predstavljaju indirektne parametre DOMS-a (eng. *delayed onset of muscle soreness*, zakašnjele pojave mišićne bolnosti) (Smith i sur., 1994; Robinson i sur., 2004 ). Enzim kreatin kinaza biokemijski je pokazatelj čija količina u serumu ovisi o dobi, spolu, mišićnoj masi, klimatskim uvjetima i naravno o trenažnom protokolu. Najviše vrijednosti enzima CK u serumu zabilježena su tijekom ultramaratonskog trčanja i također kod trčanja nizbrdo, gdje je naglašena ekscentrična mišićna aktivnost (Brancaccio i sur., 2007). Referentne vrijednosti enzima CK u općoj populaciji nalaze se u intervalu od 0 do 177 U/L, no uzimajući u obzir specifične zahtjeve sporta vrlo važno je naglasiti kako kriva interpretacija vrijednosti kod sportaša može utjecati na zaključke o uzrocima tih vrijednosti, pa u skladu s potrebama testiranja biokemijskih pokazatelja u sportu. Mougios (2007) je na velikom broju ispitanika iz raznih sportova zaključio kako se referentne vrijednosti za muške sportaše nalaze u intervalu od 82 do 1083 U/l i 47 do 513 U/l kod sportašica. U istraživanju Jamurtasa i sur. (2000) DOMS, odnosno mišićna bolnost i vrijednosti CK praćene su nakon trenažnih jedinica s naglaskom na koncentričnu izvedbu (K), ekscentričnu izvedbu (E) i pliometrijsku izvedbu (P). Iako se vrijednosti CK-a nisu statistički značajno razlikovale 48 sati nakon trenažnih jedinica (445 U/l - K, 800 U/l – E, 752 U/l - P), različite vrijednosti upućuju na veća oštećenja tijekom ekscentrične i pliometrijske izvedbe, a tomu u prilog govori i veća mišićna bolnost u grupama ekscentrične i pliometrijske izvedbe. Eiras i sur. (2009) su nakon izvedbe trenažne jedinice s *drop jump*-ovima dokazali statistički značajno povećanje od 277 % u vrijednosti enzima CK kod 16 aktivnih muškaraca. Budući da se maksimalne vrijednosti enzima CK nalaze u predviđenim vrijednostima CK kod sportaša,

Mougios (2007), Eiras i sur. (2009) smatraju da je navedeno povećanje CK normalno za sportaše te iako uzrokuje mišićno oštećenje, ono je poželjno za adaptacijske mehanizme. Još jedno istraživanje Tofasa i sur. (2008) ukazuje kako pliometrijska vježbe, zbog naglašene ekscentrične komponente uzrokuju statistički značajno povećanje enzima CK u serumu 48 i 72 h nakon provedene trenažne jedinice, no dokazano mišićno oštećenje ne znači nužno i smanjeni mišićni kapacitet. S obzirom na to da vrijednost kreatin kinaze postiže svoj maksimum 24 do 72 h nakon treninga s opterećenjima, treba uzeti u obzir da isti trening za mišićnu skupinu ne bi trebao nastupiti otprilike 72 h, kako bi se dozvolio oporavak membrane mišićnih stanica i adaptaciju, a također treba pripaziti da i vrijeme stanke u odnosu na ukupni volumen opterećenja kod početnika također može utjecati na manje ili veće oštećenje (Rodrigues i sur., 2010).

Još jedan biokemijski pokazatelj mišićnog oštećenja je enzim laktat dehidrogenaza (LDH) koji katalizira glikolitičke reakcije, odnosno pretvorbu piruvata u mliječnu kiselinu i obrnuto. Referentne vrijednosti enzima LDH u populaciji prihvatljive su do 241 U/l. Čest je slučaj da su kod sportaša prije aktivnosti prisutne manje vrijednosti enzima LDH-a, zbog manje količine supstrata i potom manje potrebe za aktivacijom enzima u serumu krvi, što je opcija čuvanja energije u skeletnim mišićima. Kao indirektni dokaz akutnih oštećenja skeletnih mišića nakon pliometrijskog treninga, Chatzinikolau i sur. (2010) pokazali su statistički značajnim povećanjem enzima LDH-a u serumu i to odmah nakon treninga u visini od 30 % i 24 sata poslije oko 65 %. U sličnom istraživanju Tofasa i sur. (2008), rezultati nakon pliometrijskog treninga još su drastičniji i ukazuju na 100 % i otprilike 200 % povećanje 24 sata, odnosno 48 sati nakon treninga. Također su Eiras i sur. (2009) pokazali statistički značajno povećanje aktivnosti enzima LDH-a od 24 do 72 sata nakon treninga. U svim istraživanjima radilo se o fizički aktivnim ispitanicima koji su upoznati s pliometrijskim treningom, no oni nisu vježbali duže vrijeme.. Ako se obrati pozornost na ekscentrični dio pokreta, rezultati Paschalisa i sur. (2007) upućuju na 90 % veće vrijednosti enzima LDH-a. Upravo ekscentrična kontrakcija dokumentirano inducira mikrotraume u skeletnom mišiću, kako u čovjeka tako i životinja te može uzrokovati smanjeni mehaničke izlaze i opseg pokreta u ozlijeđenom mišiću, a u nekim slučajevima i edem koji može potrajati nekoliko dana (Newham i sur., 2007 prema Chatzinikolau i sur., 2010; Paschalis i sur., 2007).

Praćenjem aktivnosti biokemijskih pokazatelja, odnosno enzima LDH-a i CK-a, može se na individualnoj razini utvrditi utjecaj pojedinih skakačkih trenažnih operatora na mišićnu bolnost i oštećenja te pratiti adaptacija i izvedba tijekom oporavka u preporučenom trajanju od 72 sata.

#### 1.4. Utjecaj vode na ljudsko tijelo

U posljednjih nekoliko desetljeća sportaši treniraju u vodi s ciljem poboljšanja i održavanja performansi (Bushman i sur., 1997; Wilber i sur., 1996; Wilcock i sur., 2006), a također i motoričkih i funkcionalnih sposobnosti (Barbosa i sur., 2007; Thein i Brody, 1998; Stemm i Jacobsen, 2009). Ljudsko tijelo u vodi nailazi na fiziološke promjene koje su posljedica fizikalnih svojstava vode, kao što su uzgon, viskoznosti, termodinamike, hidrostatski tlak i dinamika fluida. Poznavanjem Arhimedovog zakona i Pascalovog zakona, razumljivo je da svako tijelo ima svoju specifičnu težinu, a količina hidrostatskog pritiska ovisit će o dubini uronjenog tijela uz gustoću vode, tako da svakih 1 cm dubine pritisak raste 1 mmHg. Tijelo uronjeno 1 m voda dodatno ravnomjerno pritišće s otprilike 70 mmHg, što je jednako normalnom dijastoličkom tlaku (Becker, 2006; Wilcock i sur., 2006). Vrlo važna osobitost je i viskoznost koja predstavlja trenje tijekom kretanja, tako da tijelo u svim smjerovima kretanja može doživjeti otpor, odnosno vanjsko opterećenje koje raste s kvadratom brzine izvođenja pokreta. S obzirom na osobitosti vode, pojedini pokreti bit će izvedeni tako da voda olakšava izvedbu, otežava ili samo asistira. Široki spektar treninga u vodi može pružiti niz mogućnosti sportašima i to bez većih ograničenja, odnosno primarno onima koji često imaju dijagnosticirane ozljede poput tendinitisa, burzitisa i stres-fraktura donjih ekstremiteta, i svim ostalima kojima izostanci s treninga i natjecanja utječu na detrenažno stanje poput naglog pada maksimalnog primitka kisika i krvnog volumena, udarnog volumena i ventilatorne efikasnosti, a također i pad u motoričkoj izvedbi (Mujika i Padilla, 2000). Trening u vodi može biti preventivnog i rehabilitacijskog karaktera, ali i održavajućeg te razvojnog karaktera i to kroz treninge poput trčanja u plitkoj i dubokoj vodi, vježbanje s otporima različitih rekvizita i provedbe treninga pliometrijskog, odnosno skakačkog karaktera. Najvažniji aspekt treninga u vodi je manja tjelesna težina zbog sila uzgona. Tijelo uronjeno u vodu do sedmog *vertebrae cervicalis* nosi masu jednaku 8% tjelesne mase na tlu, dok tijelo uronjeno u visini vode do *processus xiphoidus* i poziciji *spinae iliace anterior superior* nosi težinu jednaku 35%, odnosno 54% tjelesne težine (Miller i sur., 2001; Thein i Brody, 1998). Za razliku od skakačkog treninga na tlu, u vodi nije naglašena ekscentrična kontrakcija, odnosno velika opterećenja i sile reakcije podloge. Tako da pri izvedbi sunožnih poskoka iz stopala, vrijednosti su sile reakcije podloge u vodi manje u prosjeku za 33 %, za sunožni skok iz čučnja 40 %, dok su za jednonožni skok iz čučnja manje za 54 % te za *drop jump* oko 38 % u uvjetima dubine vode od 1,3 metra (Donoghue, 2011). Vrlo slični podaci dobiveni su i u

ostalim istraživanjima (Ebben i sur., 2010; Triplett i sur., 2009). S druge strane, koncentrični dio izvedbe skoka odvija se uz pomoć sila uzgona, ali također uz veći otpor vode. Upravo segment učinkovitosti skakačkog treninga u vodi predmet je mnogih istraživanja pa tako i ovog.

#### *1.4.1. Utjecaj različitih skakačkih (plimetrijskih) tretmana u vodi na motoričke sposobnosti i izvedbu*

U posljednjem desetljeću, desetak istraživanja bavilo se skakačkim treningom u vodi kao dodatnom trenažnom metodom istraživajući učinke, kinematičke i kinetičke posebnosti te uspoređivalo s dosadašnjim klasičnim načinom provođenja skakačkog treninga na tlu.

Prvo se istraživanje Millera i sur. (2002) bavilo usporedbom skakačkih trenažnih programa u vodi i na tlu u osam tjedana gdje je četrdeset ispitanika (M i Ž) podijeljeno u tri grupe, kontrolnu (CG), grupa koja provodi skakački trening u vodi (EG1) i grupu koja je provodila skakački trening na tlu (EG2) te su usporedili skakačku snagu, mišićnu snagu, fleksibilnost i mišićnu bolnost. Tretman je bio identičan, osim okolinskih uvjeta te je proveden dva puta tjedno u osam tjedana s ukupnim volumenom 80 - 120 kontakata stopala s podlogom. Rezultati su utvrdili da nema statistički značajnih razlika među grupama u testovima snage i mišićne bolnosti, dok je razlika postojala u plantarnoj fleksiji. EG1 grupa je statistički značajno unaprijedila mišićnu snagu, moment sile pri fleksiji koljenog zgloba i plantarnu fleksiju te je zaključeno da upravo program u vodi može jednako doprinijeti razvoju snage i jakosti te se kao njihova prednost ističe smanjeni potencijal ozljeđivanja nego na suhom.

U drugom istraživanju Millera i sur. (2007), dvadeset i devet ispitanika (M i Ž) sudjelovalo je u šestotjednom skakačkom programu dva puta tjedno. Slučajnim odabirom svrstani su u jednu od tri grupe, kontrolnu te dvije vodene, jedna s vodom u visini struka i druga u visini *processus xiphoideus*. Trenažni program bio je identičan u vježbama, setovim i ponavljanjima te volumenu koji je varirao od 90 do 140 kontakata stopala s podlogom. Rezultati su ukazali da ne postoji razlika u proizvodnji sile tijekom *squat-jump-a*, *countermovement-jump-a* i *drop-jump*-testa, niti pri visini vertikalnog skoka za sve grupe. Iako je grupa s razinom vode u visini struka imala bolje rezultate u vertikalnom skoku, druga grupa je pokazivala više vrijednosti u sili i snazi tijekom dva od tri skoka. Unatoč nedostatku značajnih razlika, Miller i sur. (2007) smatraju da je prihvatljivo primjenjivati skakačke programe u vodi čak i s većim opterećenjima.

Robinson i sur. (2004) uspoređivali su pokazatelje izvedbe i indikatore mišićne bolnosti između EG1 i EG2 kod trideset i dvije aktivne ispitanice (Ž) koje su prošle kroz identični pliometrijski program u osam tjedana. Rezultati su pokazali da iako nema statistički značajnih razlika, EG1 grupa je unaprijedila snagu, moment sile i brzinu s manjom mišićnom bolnosti.

Stemm i Jacobsen (2007) uspoređivali su učinke skakačkog treninga u vodi i na tlu kod dvadeset i jednog aktivnog muškarca koji su slučajnim odabirom raspoređeni u tri grupe (CG, EG1 i EG2). Identični je trenažni program proveden dva puta tjedno u šest tjedana koji je rezultirao statistički značajnom razlikom prije tretmana i poslije tretmana u visini vertikalnog skoka kod EG1 i EG2, nego kod CG, dok nikakva razlika nije pronađena između EG1 i EG2 te je zaključeno da skakački trening u vodi može pružiti slične trenažne učinke kao i skakački trening na suhome, ali uz mogući smanjeni stres na lokomotorni sustav.

U istraživanju Martela i sur. (2005), devetnaest je odbojkašica provelo šest tjedana skakačkog trenažnog programa u vodi dva puta tjedno. Kontrolna je grupa provela program fleksibilnosti za cijelo tijelo koje se sastojalo od osam do deset statičnih vježbi istezanja. Rezultati su ukazali na statistički značajno poboljšanje u visini vertikalnog skoka u EG1 grupi od 11 % te je pretpostavljeno kako skakački trening u vodi može osigurati slične učinke kao i skakački trening na tlu s manjim rizikom mišićne bolnosti i pretreniranosti.

U istraživanju Arazia i Asadia (2011) osamnaest je mladih košarkaša podijeljeno u tri grupe i prošlo osmotjedni skakački program u vodi i na tlu. Rezultati ukazuju na nepostojanje statistički značajnih razlika između EG1 i EG2 grupe u varijablama (mišićna snaga, 36,5 i 60 metara *sprinta* i u dinamičkom testu ravnoteže), no s druge strane, obje su grupe pokazale značajno poboljšanje u vremenu *sprinta* te se predložilo provođenje skakačkog treninga u vodi za unaprjeđenje sposobnosti s obzirom na bolje okolinske uvjete.

Shiran i sur. (2008) su na dvadeset i jednom hrvачu uspoređivali izvedbu i mišićne ozljede kod grupa koje su provodile skakački trening u vodi i na tlu, te je uključena i kontrolna skupina. Tretman je proveden tri puta tjedno u pet tjedana u trajanju od 45 minuta. Analizom razlika među grupama utvrđeno je nepostojanje statistički značajnih razlika u funkcionalnim parametrima (snaga (*rast-test*), jakost (stražnji čučanj), agilnost (4 x 9) i indeks umora), dok se značajna razlika pojavila u *sprintu*, gdje je trenažna grupa na tlu postigla bolje rezultate.

Smanjeni broj istraživanja problematike skakačkog treninga u vodi govori u prilog provedbe takvog treninga u vodi, no nažalost u nekim slučajevima nije detaljno objašnjen tretman, a u drugim slučajevima dubina vode odnosno količina rasterećenja.

U tablici 1. nalazi se pregled osnovnih podataka provedenih istraživanja skakačkog karaktera u vodi.

**Tablica 1.** Dosadašnja istraživanja učinaka pliometrijskog programa u vodi.

Br.	Istraživanje	Ispitanici	Trenažni status	Grupe (dubina vode)	Trajanje/Opterećenje	REZULTATI
1	Miller i sur. (2002)	39 (16M + 23Ž)	zdravi subjekti	CG	2x/tj, 6tj, 30 min	- nepostojanje statistički značajnih razlika, osim što je APG-d pokazala najveće napretke u testiranim parametrima (vertikalni skok, izokinetička jakost natkoljenice)
				APG1		
				APG-d		
				LPT		
2	Miller i sur. (2007)	29 (15M + 14Ž)	neaktivni i rekreativno aktivni	CG	2x/tj, 6tj, 90-140 kontakta s podlogom	- nepostojanje statistički značajnih razlika u prosječnoj sili i snazi SJ, CMJ i visini vertikalnog skoka
				APG (struk)		
				APG (prsija)		
3	Robinson i sur. (2004)	31 Ž	aktivne studentice	LPG	3x/tj, 8tj., 10 vj., 3-5 set, 10-12 ponavljanja	- nepostojanje statistički značajnih razlika u indikatorima motoričke izvedbe - LPG imala statistički značajno veću percepciju bolnosti 48 i 96 h nakon treninga
				APG (prsa)		
4	Stemm i Jackobsen (2007)	21 M	aktivni studenti	CG	2x/tj., 6tj., 3vj., 3x15 ponavljanja	- LPG i APG statistički su značajano nadmašili CG u visini vertikalnog skoka dok između LPG i APG nema statistički značajnih razlika
				LPG		
				APG (koljena)		
5	Gulick i sur. (2006)	24 M + Ž	studenti	CG	Faza 1: 2x/tj., 3tj., 4vj., 3x10 ponavljanja (120 kontakta s podlogom) Faza 2: 2x/tj., 3tj., 5vj., 3x12 ponavljanja (180 kontakta s podlogom)	- nepostojanje statistički značajnih razlika između grupa testovima snage i jakosti - postojanje razlika u testu agilnosti između CG i LPG te CG i APG
				LPG		
				APG		
6	Martel i sur. (2005)	19 Ž	aktivne odbojkašice	CG	2x/tj., 6 tj.	- APG je statistički značajno unaprijedila visinu vertikalnog skoka (11%)
				APG		



7	Arazi i Asadi (2011)	18 M	poluprofesionalni košarkaši	CG	3x/tj, 8tj., 4 vj., 120-180 kontakta s podlogom	- nepostojanje statistički značajnih razlika između grupa u testovima mišićne jakosti, sprinta na 35 i 60 m te dinamičke ravnoteže - LPG i APG pokazuju statistički značajan napredak u oba testa sprinta
				LPG		
				APG (70%)		
8	Fox i sur. (2012)	21 Ž i M	rekreativci	LPG	4 tj., slični programi	- APG i LPG grupa pokazuju statistički značajne razlike u pojedinim testovima motoričke izvedbe, dok kod APG ne postoje statistički značajne razlike u 4 tjedna
				APG		
9	Kamalakkannan i sur. (2011)	36 M	odbojkaši	LPG	2x/tj., 12 tj., oko 80 do 140 kontakta s podlogom	- grupe se statistički značajno razlikuju na testovima 50 m sprint, vertikalni skok i Cooperov test
				APG		
				APGw		
10	Shiran i sur. (2008)	21 M	hrvači	LPG	3x/tj., 5 tj., 4 vježbe 40-45 min	-nepostojanje statistički značajnih razlika između grupa u testovima jakosti, brzine, agilnosti, indeksu umora i srednjoj i vršnoj snazi
				APG (struk)		

#### *1.4.2. Utjecaj različitih skakačkih (plimetrijskih) tretmana u vodi na pojavu mišićne bolnosti i oštećenja*

Pojava mišićne bolnosti i oštećenja nije u istim vrijednostima kao nakon treninga na tlu, na što upućuje nekoliko istraživanja (Robinson i sur., 2004, Shiran i sur., 2008, Pantoja i sur., 2009).

Biokemijski pokazatelji, enzim laktat dehidrogenaza i kreatin kinaza te zakašnjela pojava mišićnog umora (eng. *DOMS; delayed onset of muscle soreness*) najčešći su pokazatelji mišićne bolnosti i oštećenja koja se koriste u sportu. S obzirom da najviše mišićnog oštećenja nastaje uslijed ekscentrične kontrakcije, koja je dio skakačkog pokreta (Brancaccio i sur., 2007), realno je očekivati manje promjene i manja oštećenja u vodi upravo kao rezultat djelovanja sila uzgona i smanjenih sila reakcija podloge, a samim tim i manjim opterećenjem tijekom ekscentrične faze skoka. Shiran i sur. (2008) su na hrvačima dokazali kako skakački trening na tlu rezultira statistički značajnim povećanjem enzima kreatin kinaze, dok kod grupe u vodi rezultat nije bio statistički značajan. Te su razlike između tih dviju grupa također značajne, međutim vrijednosti se laktat dehidrogenaze nije statistički značajno promijenio niti u jednoj grupi, čak se i malo smanjio. Ono što nije bilo poznato je točno vrijeme mjerenja prije treninga i poslije njega, tako da nije moguće interpretirati razlog pada enzima LDH, dok su Robinson i sur. (2004) mjerili mišićnu bolnost i osjetljivost tijekom prvog, trećeg i šestog tjedna trenažnog tretmana i to prije treninga te 48 i 96 sati nakon treninga pomoću samoprocjene bolnosti mišića nogu na ordinalnoj skali od jedan do deset. Rezultati su pokazali statistički značajno veću percepciju boli kod grupe na tlu od percepcije grupe koja je provodila tretman u vodi. Razlika je bila značajna i 48 i 96 sati nakon treninga i to u prvom tjednu provedbe tretmana, trećem tjednu tretmana kada je došlo do prvog povećanja intenziteta i u šestom tjednu tretmana kada je došlo do drugog povećanja intenziteta. Istraživanje Pantoje i sur. (2009) također upućuje na statistički značajno manje vrijednosti enzima CK u vodi tijekom izvedbe treninga s opterećenjem koje uključuje koncentričnu i ekscentričnu fazu pokreta, a manja vrijednost enzima CK, odnosno manje potencijalno oštećenje mišića u vodi, argumentirano je sporijom i time manjem intenzivnijom ekscentričnom kontrakcijom.

Upravo zbog manjih vrijednosti biokemijskih pokazatelja CK i LDH te manje mišićne bolnosti, smatra se da je primjena takvih trenažnih operatora adekvatnija u svim situacijama gdje je limitirano mišićno oštećenje poželjno.

## 2. PROBLEM ISTRAŽIVANJA

Uspjeh u velikom broju sportova ovisi o manifestnim oblicima eksplozivne snage (Marković, 2001), a dosadašnji eksperimentalni dokazi upućuju na željene neuromuskularne, koštane, ali i mišićno-tetivne adaptacije te također na potencijalno smanjeni rizik od ozljeda donjih ekstremiteta, uglavnom u timskim sportovima primjenom pliometrijskog skakačkog trenažnog programa. S druge strane, ako kod sportaša nije dovoljna razina usvojenosti skakačkih znanja i vještina, nije osigurana dovoljna kontrola i mišićna jakost trupa i donjih ekstremiteta i ukoliko sportaš nije u potpunosti biološki sazrio, primjena skakačkih vježbi može uzrokovati upalne procese i bolnost koja u pojedinim trenažnim periodima i ciklusima nije poželjna. Upravo zbog sila reakcija podloge koje dosežu i do sedam puta veće vrijednosti od tjelesne težine (Donoghue i sur. 2011), a također i zbog prisutnih visokih vrijednosti ekscentričnih sila koje povećavaju mogućnost ozljeđivanja. Stoga, primjena skakačkog treninga u vodi, prema dostupnim dokazima, može potaknuti približno slična poboljšanja u širokom spektru motoričkih sposobnosti, kao i klasični skakački program na tlu, no uz potencijalno manje upalne procese i mišićnu bolnost.

Današnji trenažni programi, zbog velike natjecateljske okupiranosti i sve kraćih razdoblja odmora, u pripremnom i natjecateljskom ciklusu sadržavaju veliki broj specifičnih kondicijskih vježbi kako bi se osigurala maksimalna transformacija u situacijskoj izvedbi. Iz tog razloga, eksperimentalni trenažni program konstruiran je tako da sadrži bilateralne i unilateralne skakačke vježbe koje će svojom distribucijom omogućiti veću intenzifikaciju trenažnog procesa, ali i transformaciju u motoričkoj izvedbi.

Trenažni proces, zasnovan samo na pretpostavkama, odnosno stihijski rad, ne osigurava sigurnost u postizanju željenih ciljeva (Milanović, 2007), stoga je za znanost i za praksu važno utvrditi dovodi li eksperimentalni skakački program u vodi do željenog unaprjeđenja u motoričkoj izvedbi eksplozivnog karaktera. Također, od osobite bi važnosti bilo utvrditi rezultira li eksperimentalni program u vodi manjim mišićnim oštećenjima i bolnosti. Ovo je istraživanje usmjereno upravo rješavanju tih problema.

Praktična primjena ovog istraživanja ogleda se i u većoj vjerojatnosti uspjeha kombinacije bilateralnih i unilateralnih operatora trenažnog programa. Općenito, što je predviđanje

željenog cilja preciznije, to je i uspjeh objektivniji. Konkretno, usporedbom dvaju identičnih eksperimentalnih programa, provedenih u različitim okolinskim uvjetima, na tlu i vodi, nastojat će se utvrditi učinci i promjene u motoričkoj izvedbi eksplozivnog karaktera uz spoznaje o razlikama u određenim biomehaničkim i biokemijskim pokazateljima te rezidualnim učincima programa. Pritom će se voditi računa da ukupni volumen rada u eksperimentalnim grupama (izražen obavljenim radom u broju skokova) bude izjednačen.

### 3. CILJ I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

U skladu s postavljenom problematikom istraživanja važno je utvrditi ciljeve, no i neophodno je uzeti u obzir limitirajuće aspekte dosadašnjih istraživanja koja su se odnosila na trajanje eksperimentalnog tretmana, nepostojanje kontrolne grupe, nedefinirane dubine izvedbe programa u vodi, mali broj ispitanika, vrstu uzorka, a također i na nedostatak ovog istraživanja koji se odnosi na veličinu uzorka. Temeljni cilj ovog istraživanja je utvrditi učinke osmotjednog skakačkog programa kod tjelesno aktivnih osoba provedenog u različitim okolinskim uvjetima na motoričke sposobnosti eksplozivnog karaktera te utvrditi moguće razlike u navedenim parametrima između kontrolne grupe i eksperimentalnih grupa pod utjecajem tretmana.

U redoslijedu rješavanja temeljnog cilja istraživanja mogu se definirati sljedeći ciljevi.

- Cilj 1.        Utvrditi antropometrijski status svih ispitanika i razlike među grupama ispitanika.
- Cilj 2.        Utvrditi status motoričkih sposobnosti u inicijalnom stanju kod svih ispitanika i razlike među grupama ispitanika.
- Cilj 3.        Utvrditi status motoričkih sposobnosti u prvom finalnom stanju kod svih ispitanika i razlike među grupama ispitanika.
- Cilj 4.        Utvrditi da li je došlo do kvantitavnih promjena u manifestnim dimenzijama eksplozivne snage, odnosno motoričkim sposobnostima kod kontrolne i eksperimentalnih grupa.

Pored temeljnog cilja, dodatni cilj je utvrditi biomehaničke karakteristike i biokemijske pokazatelje mišićnog oštećenja te rezidualne učinke osmotjednog skakačkog trenažnog programa u oba eksperimentalna uvjeta.

U redoslijedu rješavanja dodatnog cilja istraživanja mogu se definirati sljedeći ciljevi.

- Cilj 5.        Utvrditi status biomehaničkih karakteristika u inicijalnom stanju kod svih ispitanika i razlike među grupama ispitanika.
- Cilj 6.        Utvrditi status biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja prije treninga kod svih ispitanika i razlike među grupama ispitanika.

- Cilj 7. Utvrditi status biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja poslije treninga kod svih ispitanika i razlike među grupama ispitanika.
- Cilj 8. Utvrditi status motoričkih sposobnosti u drugom finalnom stanju kod ispitanika i razlike među grupama ispitanika.
- Cilj 9. Utvrditi da li je došlo do kvantitativnih promjena u motoričkim sposobnostima, odnosno do rezidualnih učinaka kod kontrolne i eksperimentalnih grupa.

Na temelju dosadašnjih spoznaja i postavljenih ciljeva, formulirane su sljedeće istraživačke hipoteze:

**H1:** Osmotjedni skakački program statistički značajno utječe na razlike u rezultatima testova motoričkih sposobnosti i biomehaničkih karakteristika između kontrolne grupe i eksperimentalnih grupa.

**H2:** Osmotjedni skakački program statistički značajno utječe na razlike u rezultatima testova motoričkih sposobnosti i biomehaničkih karakteristika između inicijalnog i finalnog testiranja kod eksperimentalne grupe na tlu i u vodi.

**H3:** Postoje statistički značajne razlike u biokemijskim pokazateljima između eksperimentalne grupe na tlu i eksperimentalne grupe u vodi.

**H4:** Postoje statistički značajne razlike u rezidualnim učincima osmotjednog skakačkog programa između eksperimentalnih grupa na tlu i eksperimentalnih grupa u vodi.

Sve hipoteze bit će testirane uz pogrešku od 5 %.

## 4. METODE ISTRAŽIVANJA

### 4.1. Ispitanici

U ovom istraživanju prigodni uzorak ispitanika predstavljale su zdrave i fizički aktivne osobe, studenti Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu ( $n = 31$ ). Svi su ispitanici prije početka provedbe istraživanja bili upoznati s ciljem istraživanja i s mogućim rizicima sudjelovanja u njemu te su potpisali izjavu o suglasnosti sudjelovanja u istraživanju. Istraživanje je u potpunosti provedeno u skladu s Helskinškom deklaracijom te ga je potvrdilo Povjerenstvo za znanstveni rad i Etička komisija Kineziološkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

*Kriteriji pri uključivanju ispitanika u istraživanje:*

1. Sudjelovanje na praktičnom dijelu nastave druge godine studija na Kineziološkom fakultetu – jednaka tjelesna angažiranost ispitanika.

*Kriteriji pri isključivanju ispitanika u istraživanje:*

1. Visoka razina treniranosti – niti jedan ispitanik ne smije biti uključen u trenažni proces vrhunskog ili rekreativnog karaktera.
2. Povijest akutne ozljede lokomotornog sustava – ozljeda donjeg dijela lokomotornog sustava unazad 6 mjeseci ili teža ozljeda i operacija donjeg ekstremiteta lokomotornog sustava unazad 12 mjeseci.
3. Nesrazmjer u dužini donjih ekstremiteta ( $\geq 2$  cm).
4. Neznanje plivanja te ostale fobije i nesigurnosti u vodi.

Ispitanici su slučajnim odabirom raspoređeni u jednu od naredne tri skupine:

1. Kontrolna skupina (KG) – 11 ispitanika
2. Prva eksperimentalna grupa s provedbom tretmana na tlu (EG1) – 10 ispitanika
3. Druga eksperimentalna grupa s provedbom tretmana u vodi (EG2) – 10 ispitanika

U dosadašnjim istraživanjima takvoga karaktera sudjelovalo je od 6 do 12 ispitanika po grupi (Arazi i Asadi, 2011; Arazi i sur., 2012, Kamalkkannan i sur., 2011; Fox i sur., 2012 i

dr.), no za točniji izračun broja ispitanika korišten je program G\*power kojim se odredio minimalni broj ispitanika (30) kako bi se omogućila 95 %-na sigurnost pri interpretaciji podataka i u donošenju zaključaka (<http://www.softpedia.com/get/Science-CAD/G-Power.shtml>).

Tijekom prijave sudionika za sudjelovanje od ukupnog broja (40) prijavljenih na inicijalno testiranje pristupilo je 39 ispitanika te nakon provedbe tretmana dodatno je odustalo osam ispitanika, šestero iz osobnih razloga te dvoje zbog ozljeda zadobivenih tijekom nastave. Preostali je broj ispitanika ispunio svoje obveze tijekom tretmana i testiranja te su u tablici 2. izloženi njihovi osnovni podatci.

**Tablica 2.** Osnovni deskriptivni parametri.

<b>GRUPA</b>	<b>BROJ ISPITANIKA</b>	<b>DOB (godine)</b>	<b>TJELESNA MASA (kg)</b>	<b>TJELESNA VISINA (cm)</b>	<b>UDIO TJELESNE MASTI (%)</b>
<b>KG</b>	11	22,18 ± 2,40	76,35 ± 9,15	177,21 ± 3,92	10,64 ± 2,37
<b>EG1</b>	10	22,33 ± 2,06	79,10 ± 9,24	180,27 ± 7,31	12,34 ± 4,75
<b>EG2</b>	10	21,90 ± 1,73	81,68 ± 10,24	178,58 ± 6,27	13,47 ± 6,21



## 4.2. Uzorak varijabli i protokol testiranja

U Dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta ispitanici su bili podvrgnuti procjeni antropometrijskih karakteristika.

Antropometrijski prostor je zastupljen testovima koji su sastavni dio IBP-a (International Biological Program), a pokrivaju četiri faktora antropološkog statusa (Medved, 1989; Mišigoj-Duraković, 2008) od kojih su u ovom istraživanju korištena tri faktora i to:

- longitudinalna dimenzionalnost skeleta - 3 testa;
- transverzalna dimenzionalnost skeleta - 3 testa;
- voluminoznost tijela - 4 testa.

**Tablica 3.** Popis antropometrijskih varijabli.

NAZIV VARIJABLE		SKRAĆENICA	JEDINICA	MJERNA SKALA	NORMALNOST DISTRIBUCIJE
LONGITUDIONALNA DIMENZIONALNOST					
1.	Visina tijela	ALVT	cm	Omjerna skala	Normalna distribucija
2.a)	Dužina desne noge	ALDN-d	cm		
2.b)	Dužina lijeve noge	ALDN-l	cm		
3.a)	Dužina desnog stopala	ALDST-d	cm		
3.b)	Dužina lijevog stopala	ALDST-l	cm		
TRANSVERZALNA DIMENZIONALNOST					
4.a)	Širina desnog stopala	ATSST-l	cm	Omjerna skala	Normalna distribucija
4.b)	Širina lijevog stopala	ATSST-d	cm		
5.a)	Dijametar desnog koljena	ATDK-l	cm		
5.b)	Dijametar lijevog koljena	ATDK-d	cm		
6.a)	Dijametar desnog stopala	ATDST-l	cm		
6.b)	Dijametar lijevog stopala	ATDST-l	cm		
VOLUMINOZNOST TIJELA					
7.	Tjelesna masa	AVTT	kg	Omjerna skala	Normalna distribucija
8.	Udio masnog tkiva	AV%TM	%		
9.a)	Opseg desne natkoljenice	AVONAT-d	cm		
9.b)	Opseg lijeve natkoljenice	AVONAT-l	cm		
10.a)	Opseg desne potkoljenice	AVOPOT-d	cm		
10.b)	Opseg lijeve potkoljenice	AVOPOT-l	cm		

Nakon obavljenog antropometrijskog testiranja, svi su ispitanici odradili standardizirani protokol zagrijavanja koji se sastojao od petominutnog trčanja, opće pripremnih vježbi i istezanja mišića s naglaskom na donje ekstremitete. Isti protokol korišten je za sva tri testiranja. Kako bi se primjereno kvantificirao učinak pliometrijskog, odnosno skakačkog programa na eksplozivnu motoričku izvedbu i mehaničku funkciju donjih ekstremiteta, korištena je veća baterija testova koja predstavlja latentni prostor snage, jakosti, brzine i koordinacije. Prvi se dio testiranja odnosio na testiranje niza skokova na platformi za mjerenje sila reakcija podloge. Od skokova testirani su skok iz čučnja (SJ), skok iz čučnja s pripremom (CMJ), jednonožni skokovi s dominantnom i nedominantnom nogom (CMJ<sub>d</sub> i CMJ<sub>nd</sub>) te povezani skokovi iz stopala (CJ<sub>s</sub>) i povezani skokovi iz čučnja (CJ<sub>b</sub>), dok je praćen niz varijabli za procjenu mehaničkih izlaza prikazanih u tablici 4.

**Tablica 4.** Popis varijabli za procjenu mehaničkih izlaza donjih ekstremiteta.

NAZIV VARIJABLE		SKRAĆENICA	JEDINICA	MJERNA SKALA	NORMALNOST DISTRIBUCIJE
SILE REKACIJE PODLOGE PRI DOSKOKU					
1.	Sile reakcije podloge za pojedine skokove pri doskoku-ekscentričnoj fazi u odnosu na tjelesnu težinu (TT) (amortizacija skoka)	GRF_SJ	N/TT	Omjerna skala	Normalna distribucija
2.		GRF_CMJ	N/TT		
3.		GRF_CMJ <sub>d</sub>	N/TT		
4.		GRF_CMJ <sub>nd</sub>	N/TT		
5.		GRF_CJ <sub>s</sub>	N/TT		
SNAGA					
6.	Vršna snaga skoka po kilogramu tjelesne mase	P <sub>p</sub> -SJ	W/kg	Omjerna skala	Normalna distribucija
7.		P <sub>p</sub> -CMJ	W/kg		
8.		P <sub>p</sub> -CMJ <sub>d</sub>	W/kg		
9.		P <sub>p</sub> -CMJ <sub>nd</sub>	W/kg		
VREMENSKA IZVEDBA SEGMENTA SKOKOVA					
10.	Trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz stopala	t_CJ <sub>s</sub>	ms	Omjerna skala	Normalna distribucija
11.	Trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz čučnja	t_CJ <sub>b</sub>	ms		
12.	Trajanje ekscentrične faze za pojedine skokove	t <sub>ef</sub> -CMJ	ms	Omjerna skala	Normalna distribucija
13.		t <sub>ef</sub> -CMJ <sub>d</sub>	ms		
14.		t <sub>ef</sub> -CMJ <sub>nd</sub>	ms		
15.	Trajanje koncentrične faze za pojedine skokove	t <sub>kf</sub> -CMJ	ms	Omjerna skala	Normalna
16.		t <sub>kf</sub> -CMJ <sub>d</sub>	ms		

17.		$t_{kf\_CMJ_{nd}}$	ms		distribucija
<b>IMPULS SILE</b>					
18.	Impuls sile u ekscentričnoj fazi	$I_{ef}$	Ns	Omjerna skala	Normalna distribucija
19.	Impuls sile u koncentričnoj fazi	$I_{kf}$	Ns	Omjerna skala	Normalna distribucija

Drugi segment testiranja odnosio se na testove motoričkih sposobnosti. Provedeni su drugi dan testiranja te su ispitanici između svakog ponavljanja imali dvije minute stanke, a između testova 5 - 10 min, dok su testovi sprinta provedeni na kraju sa svim ispitanicima, pristunim taj dan na testiranju. Testovi v5m, v10m i v20m predstavljaju niz varijabli kojima se procjenjuje startna reakcija, startna brzina i akceleracija tijela. Testom Ag20y cilj je utvrditi brzinu promjene smjera kretanja u duljini od 20 *yardi*, gdje ispitanik sa centra dionice trči na jednu stranu 5 *yardi*, potom do drugog kraja 10 *yardi* i protrčava 5 *yardi* kroz centar, tj. početnu poziciju. Upravo je taj test jedan od najčešće korištenih testova za procjenu agilnosti i kao takav je vrlo bitan za gotovo sve timske sportove i veliki broj individualnih sportova. Testom VS cilj je procjena vertikalne skočnosti donjih ekstremiteta te zbog svoje jednostavne izvedbe, vrlo česti terenski test za procjenu eksplozivne snage donjih ekstremiteta. Test SDM također kao i VS ima za cilj procjenu eksplozivne snage donjih ekstremiteta, no s posebnim naglaskom na njenu horizontalnu komponentu.

**Tablica 5.** Popis varijabli motoričke izvedbe.

NAZIV VARIJABLE		SKRAĆENICA	JEDINICA	MJERNA SKALA	NORMALNOST DISTRIBUCIJE
<b>MOTORIČKA IZVEDBA</b>					
1.	Brzina 5 metara	v5m	s	Omjerna skala	Normalna distribucija
2.	Brzina 10 metara	v10m	s		
3.	Brzina 20 metara	v20m	s		
4.	Vertikalni skok	VS	cm		
5.	Skok u dalj s mjesta	SDM	cm		
6.	Agilnosti 20 <i>yardi</i>	Ag20y	s		

Kao dodatni dio eksperimentalnog plana uvedeno je mjerenje biokemijskih pokazatelja tijekom provedbe trenažnog programa eksperimentalnih skupina. Mjerenje je provedeno vađenjem venske krvi iz koje je analizirana kretain kinaza (CK) i laktat dehidrogenaza (LDH). Krv je vađena neposredno prije treninga, a potom i 24 h sata poslije odrađenog

treninga. Biokemijski pokazatelji korišteni su za procjenu mišićnog oštećenja pod utjecajem treninga.

**Tablica 6.** Popis varijabli biokemijskih pokazatelja.

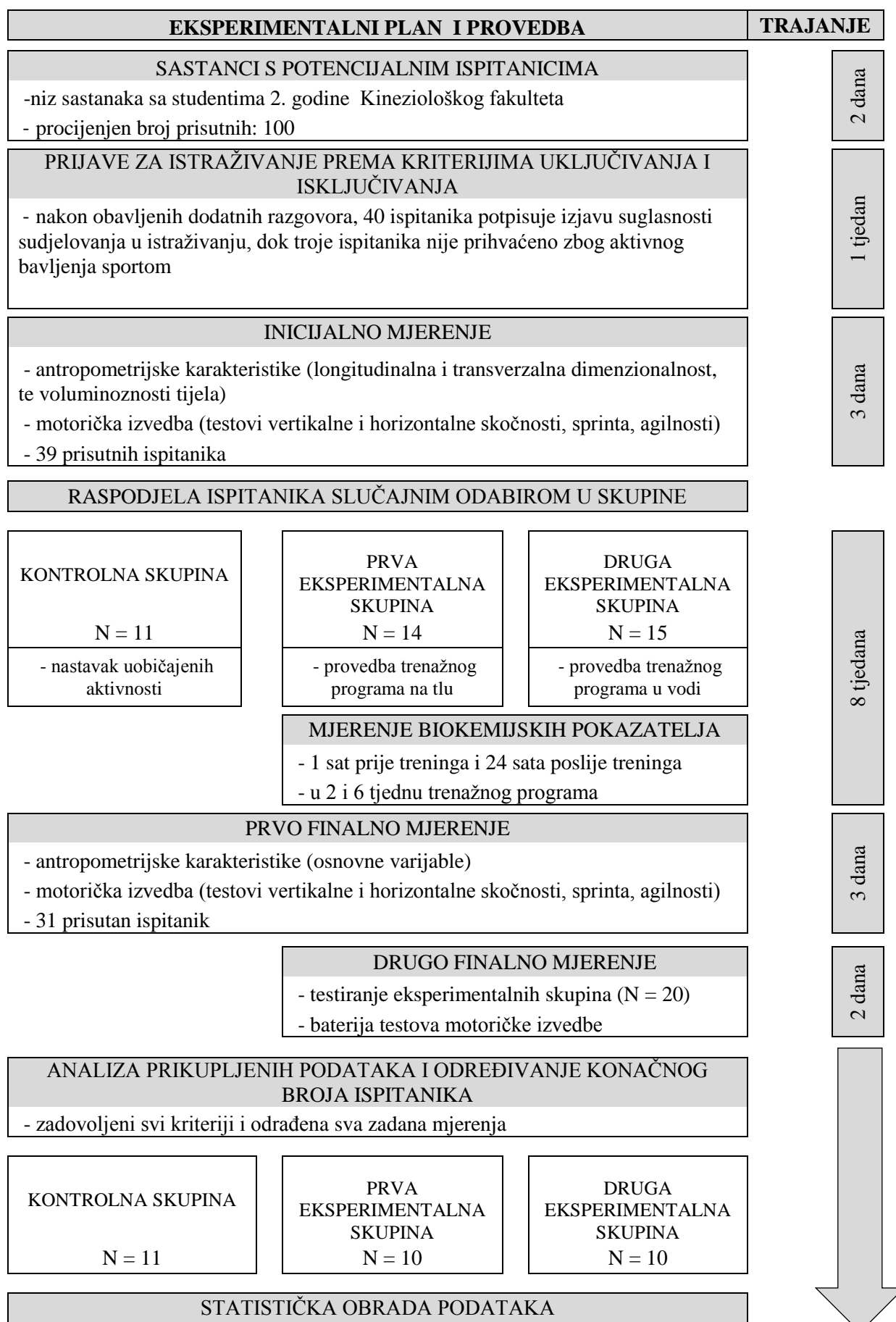
NAZIV VARIJABLE		SKRAĆENICA	JEDINICA	MJERNA SKALA	NORMALNOST DISTRIBUCIJE
<i>BIOKEMIJSKI POKAZATELJI</i>					
1.	Kreatin kinaza	CK	U/l	Intervalna skala	Normalna distribucija
2.	Laktat dehidrogenaza	LDH	U/l		

### 4.3. Plan istraživanja

Provedeno istraživanje može se definirati kao randomizirano kontrolirano istraživanje, odnosno pokus (Marušić, 2008) u kojem se proučavaju i analiziraju učinci istog trenažnog programa provedenog u različitim uvjetima na ispitanicima koji su slučajnim odabirom dodijeljeni kontrolnoj skupini ili jednoj od dvije eksperimentalne skupine. Kao takvo istraživanje ono ima svoje prednosti i nedostatke, no važno je naglasiti kako su ipak danas takva istraživanja od velike važnosti i neizostavna u društvenim znanostima jer izlažu ispitanike nekom definiranom čimbeniku (Marušić, 2008).

Eksperimentalni protokol sastojao se od nekoliko faza (slika 2) no najvažnije je definirati:

1. *Inicijalno mjerenje* antropometrijskih karakteristika i motoričkih sposobnosti pomoću adekvatnih standardiziranih testova koji se provode u Dijagnostičkom centru Kineziološkog fakulteta.
2. *Provedba osmotjednog trenažnog programa.* Nakon nasumične podjele ispitanika u skupine, kontrolna skupina (KG) nastavila je sa svojim uobičajenim nastavnim i izvanastavnim aktivnostima, izbjegavajući bilo kakav planirani trenažni program i treninge eksplozivnog karaktera. Eksperimentalne skupine (EG1 i EG2) provodile su tretman, odnosno trenažni program koji je sadržavao skakače vježbe bilateralnog i unilateralnog karaktera. Ispitanici su eksperimentalnih skupina također bili upućeni da ne provode nikakve druge oblike vježbanja osim studijskih obveza i eksperimentalnog tretmana.
3. *Mjerenje biokemijskih pokazatelja.* Ispitanici su eksperimentalnih skupina prije treninga i nakon dva treninga (2. i 6. tjedan trenažnog programa) proveli mjerenje biokemijskih pokazatelja mišićne bolnosti. Mjerenje je obavljeno jedan sat prije treninga i 24 sata nakon treninga.
4. *Prvo finalno mjerenje* motoričke izvedbe i biomehaničkih pokazatelja svih skupina (KG, EG1, EG2) istom baterijom testova kao i u inicijalnom mjerenju.
5. *Drugo finalno (rezidualno) mjerenje* motoričke izvedbe eksperimentalnih grupa (EG1 i EG2) istom baterijom motoričkih testova kao u inicijalnom i prvom finalnom mjerenju.



**Slika 2.** Grafički prikaz ekperimentalnog plana.

#### 4.3.1. Eksperimentalni skakački trenažni program

Dosadašnja istraživanja vezana uz provedbu tremena skakačkog treninga trajala su između četiri i osam tjedana (tablica 1). U skladu s preporukama o trajanju ovakvog trenažnog programa (Holcomb, 1998), odlučeno je trajanje od osam tjedana s provedbom dva treninga tjedno od 45 minuta. Eksperimentalna skupina u vodi (EG2) provodila je tretman u dubini vode do „*spina iliaca anterior superior*“ s očekivanim negativnim opterećenjem, odnosno rasterećenjem od 45 % tjelesne težine (Thein i Brody, 1998). Obje su grupe sve vježbe izvodile u položaju s „rukama o bok“ kako bi se onemogućilo pomaganje radom ruku u vodi, a time i izjednačile obje grupe u načinu izvođenja.

Opterećenje je određeno brojem kontakta stopala s podlogom, (150 - 200) što se prema autorima Chua i Pothacha (2008) smatra onom količinom opterećenja koju smiju provoditi osobe s naprednim i dužim iskustvom u skakačkom programu. Međutim, Miller i sur. (2001) su napravili podjelu skakačkih vježbi prema intenzitetu: mali, srednji i veliki intenzitet te time predložili da i tip vježbe pridonosi ukupnom opterećenju, a ne samo broj kontakata. Kao i na tlu, poskoci, skokovi, naskoci-saskoci i šok-vježbe predstavljaju niz vježbi koje se mogu provoditi u vodi pa se tako ovaj trenažni program može smatrati srednjim do visokim opterećenjem na temelju broja vježbi (9), tipa vježbi i broja kontakata s podlogom (150 - 200). Program je bio valovitog i progresivnog karatera s malim padom opterećenja u sredini tretmana kako ne bi došlo do zasićenja i preopterećenja ispitanika.

Skakačka trenažna jedinica sastojala se od provedbe uvodnog dijela treninga, koji se sastojao standardiziranog zagrijavanja koji se dijelom provodio na tlu, dok se drugi dio provodio u eksperimentalnim uvjetima. Zatim je uslijedio glavni dio treninga i standardizirani završni dio treninga koji su se provodili u eksperimentalnim uvjetima.

Provedene trenažne vježbe i operatori bili su podijeljeni na bilateralne vježbe i unilateralne vježbe, kako bi osigurale maksimalnu angažiranost svih motoričkih struktura, zadovoljile specifičnost sportova na tlu kod kojih dominira jednonožni odraz i time bi se intenzificirao trenažni program i osigurala transformacija u motoričkoj izvedbi.

**Tablica 7.** Eksperimentalni trenažni program.

OSMOTJEDNI SKAKAČKI TRENAŽNI PROGRAM																	
TJEDAN		1		2		3		4		5		6		7		8	
TRENING		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
VJEŽBE:		BR.SER/BR.PON (pSER) - pVJ- 1'-2'															
BILATERALNE:	poskoci iz stopala	3/10 (30")	3/10 (30")	2/10 (30")	2/10 (30")	2/10 (30")	2/10 (30")	1/10	1/10	1/10	1/10						1/10 (30")
	skokovi iz polučučnja	3/10 (30")	2/10 (30")	3/10 (30")	3/10 (30")	2/10 (30")	2/10 (30")	2/10 (30")	2/10	1/10		1/10	1/10	2/10 (30")	2/8 (30")	1/10	
	drop jump (30 cm)				1/5	1/5	2/5 (1')	2/5 (1')	1/5	1/5	1/5	2/5 (1')	2/5 (1')	1/10	1/5	1/10	
	br.kontakta BIL.S.	60	50	50	55	45	50	40	35	25	15	20	20	30	21	20	10
UNILATERALNE:	poskoci iz stopala (L/D)*	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	3/5 (45")	3/5 (45")	2/10 (45")	1/10	1/10	1/15	1/10	1/10	2/10 (45")	2/10 (45")	2/10 (45")
	skokovi iz polučučnja (L/D)*	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	3/5 (45")	2/5 (45")	2/10 (1")	2/10 (1")	1/10	1/10	1/15	2/10 (1")	2/10 (1")	1/15
	skokovi u kretanju (L/D)*	1/5	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (45")	2/5 (1")	3/5 (1")	3/5 (1")	2/10 (1")	2/10 (1")	2/10 (1")	3/5 (1')	3/5 (1')	2/10 (1')
	lateralni poskoci (L/D)*	2/5 (30")	2/5 (30')	2/5 (30")	2/5 (30')	2/5 (30")	3/5 (30')	2/5 (30")	2/5 (30')	2/5 (30")	2/10 (45")	2/10 (45")	2/10 (45")	2/10 (45")	2/10 (45")	2/10 (45")	2/10 (45")
	skokovi s noge na nogu			1/10	2/10 (45")	3/10 (45")	2/10 (45")	3/10 (45")	2/10 (45")	2/10 (45")	3/10 (1')	2/10 (1')	3/10 (1')	2/10 (1')	2/10 (1")	1/10	1/10
	lateralni skokovi s noge na nogu	2/10 (45")	2/10 (45")	2/10 (45")	1/10	1/15	1/15	2/10 (45")	2/12 (45")	2/10 (45")	2/12 (1')	2/10 (1')	3/10 (1')	2/10 (1')	1/10	1/10	1/10
br.kontakta UNIL.S.		90	100	110	110	125	135	150	144	150	175	170	180	170	180	170	170
UKUPAN BR.KONTAKTA S PODLOGOM																	
TJEDAN		1		2		3		4		5		6		7		8	
TRENING		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
UKUPAN BR.KONTAKTA S PODLOGOM		150	150	160	165	170	185	190	180	175	190	190	200	200	201	190	180



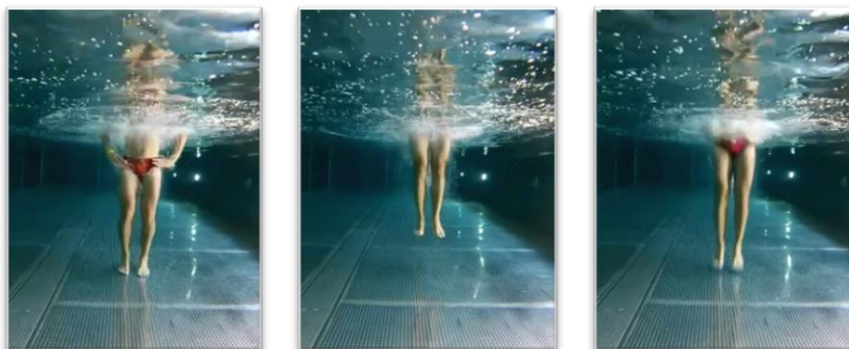
Bilateralne vježbe su:

1. poskoci iz stopala,
2. skokovi iz čučnja,
3. saskoci s povišenja od 30 cm (eng. *drop jump*);

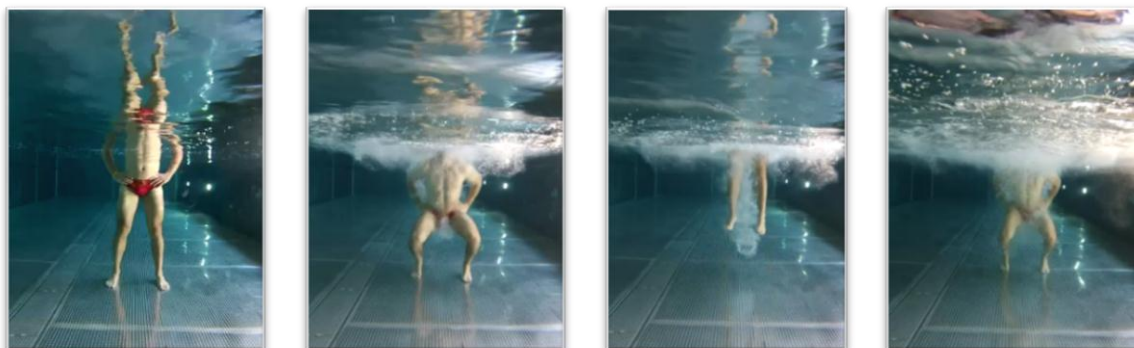
unilateralne vježbe bile su:

4. poskoci iz stopala,
5. skokovi iz polučučnja,
6. skokovi u kretanju,
7. skokovi s noge na nogu,
8. lateralni poskoci/skokovi,
9. lateralni skokovi s noge na nogu.

Trenažni program bio je sastavljen tako da su na početku dominirale bilateralne vježbe, dok su prema kraju veći volumen zauzimale unilateralne vježbe.



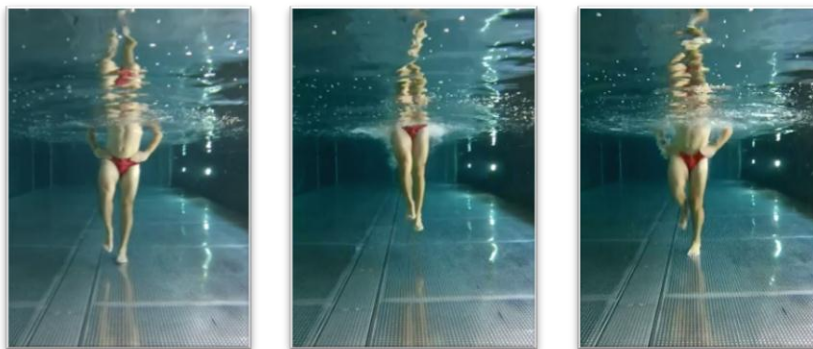
**Slika 3.** Poskoci iz stopala.



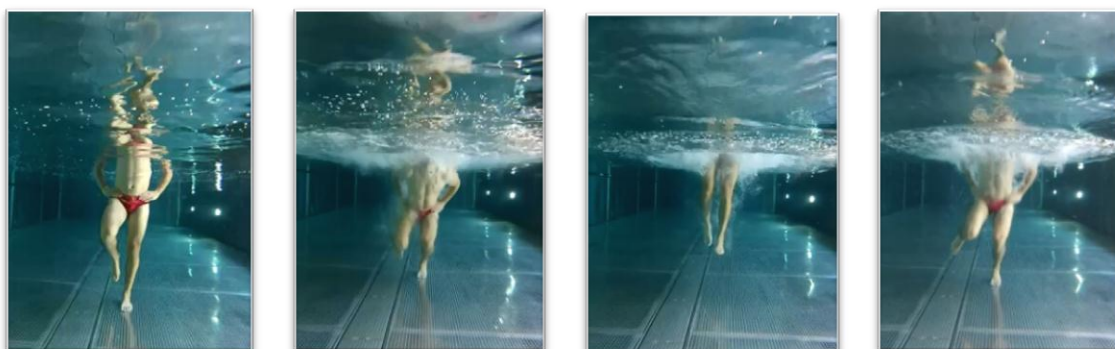
**Slika 4.** Skokovi iz čučnja.



**Slika 5.** Saskok s povišenja od 30 cm.



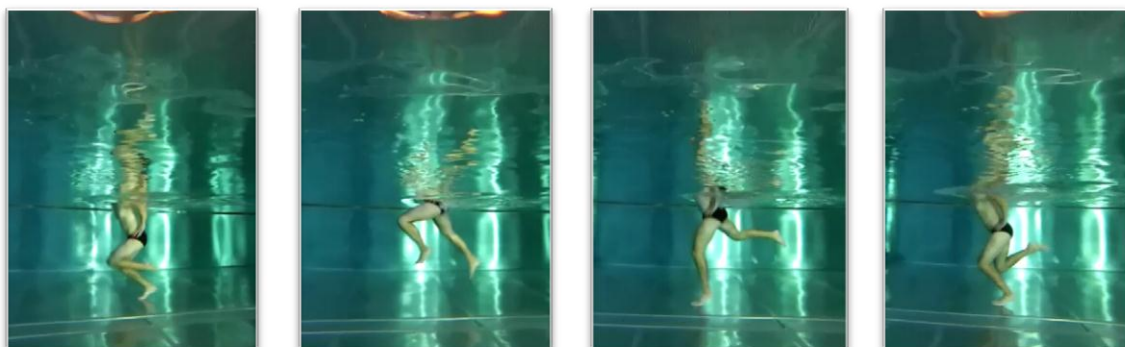
**Slika 6.** Jednonožni poskok iz stopala.



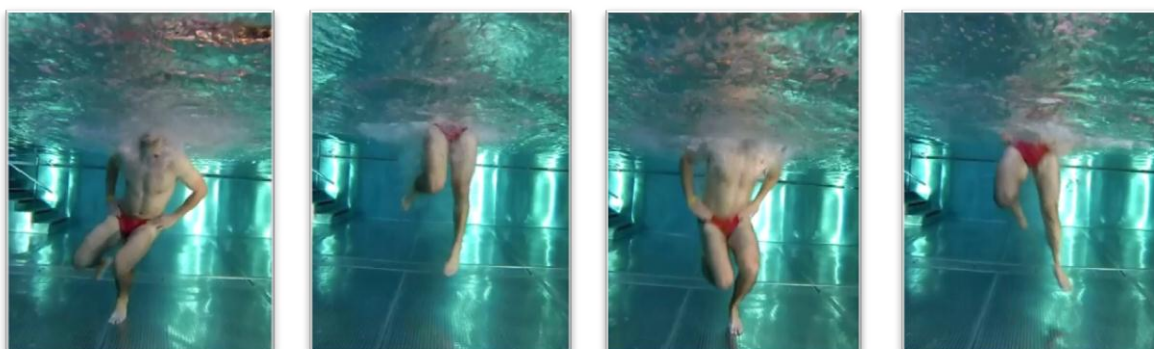
**Slika 7.** Jednonožni skok iz polučučnja.



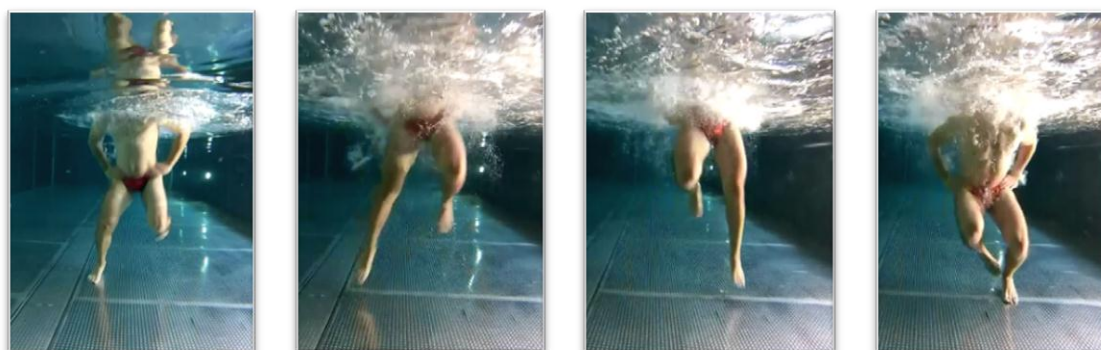
**Slika 8.** Jednonožni skokovi u kretanju.



**Slika 9.** Skokovi s noge na nogu.



**Slika 10.** Jednonožni lateralni skokovi.



**Slika 11.** Lateralni skokovi s noge na nogu.

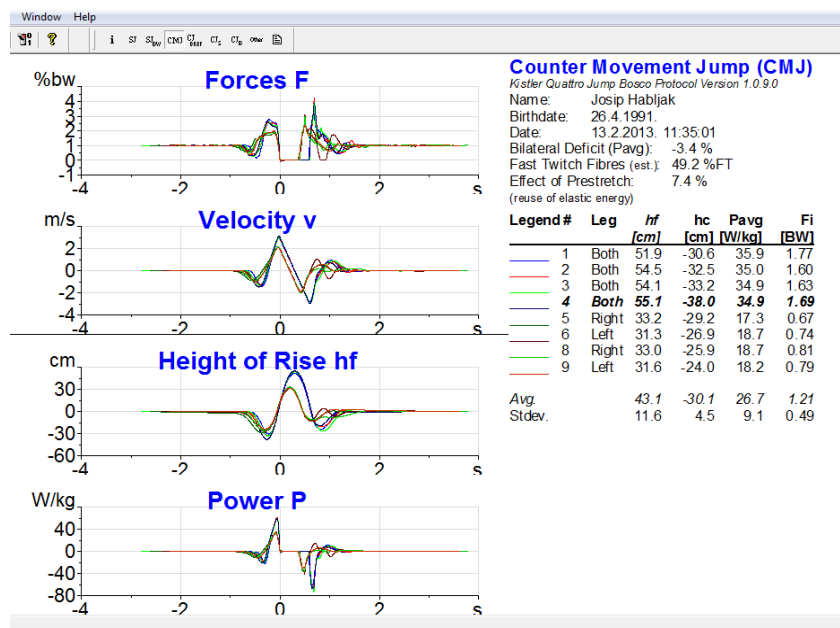


#### 4.4. Mjerni instrumenti

Za ovo istraživanje korištena je platforma za mjerenje sile reakcije podloge QUATTRO JUMP (Kistler 9290AD, Winterthur, Switzerland) kako bi se izmjerile sve zadane varijable istraživanja pri frekvenciji od 500 Hz u trajanju od 5 sekundi nakon što se ispitanik postavio u zadani položaj, dok je za pojedine skokove poput skokova s pruženim nogama (CJs) trajanje mjerenja bilo duže. Podaci su analizirani u softverskom programu QUATTRO JUMP SOFTWARE (Kistler 2822A-01-0, Winterthur, Switzerland).

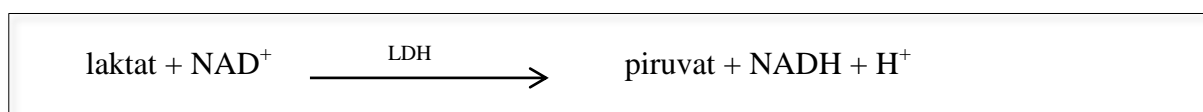


Slika 12. Platforma za mjerenje sila reakcija podloge QUATTRO JUMP (Kistler, Switzerland).

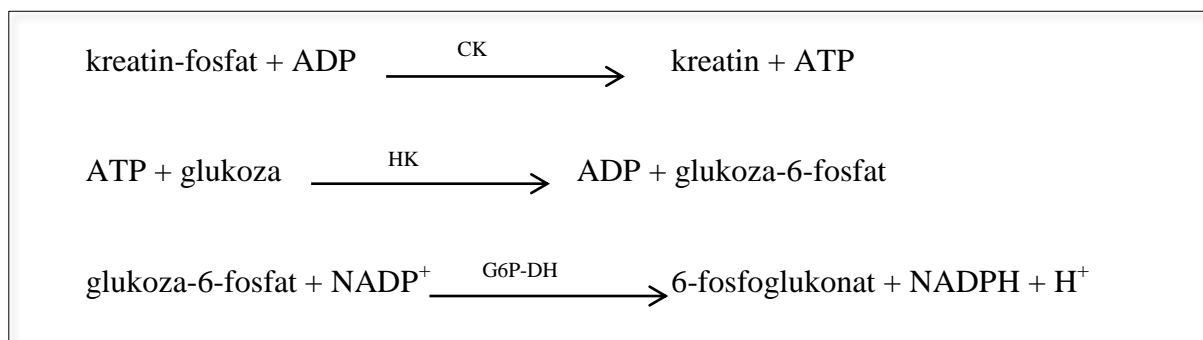


Slika 13. Grafički prikaz u softverskom programu QUATTRO JUMP (Kistler, Switzerland).

Za analizu venske krvi korišten je aparat za centrifugiranje StatSpin®Express 2 (Iris Sample Processing, USA) kako bi se dobio serum iz kojeg se može osigurati daljnja analiza zadanih biokemijskih pokazatelja. Aparat StatSpin®Express u 30, 120 ili 180 sekundi pri brzini od 8500 rotacija u minuti odvaja serum od krvnih stanica. Daljnja analiza seruma i utvrđivanja biokemijskih pokazatelja obavljena je uz pomoć biokemijskog analizatora Olympus AU480® (Olympus Corporation) koji na temelju preporuka Međunarodne federacije za kliničku kemiju (*International Federation of Clinical Chemistry, IFCC*) laktat dehidrogenazu (LDH) određuje prema principu reakcije:



gdje je povećanje NADH-a izravno proporcionalno aktivnosti enzima u uzorku. Također se drugi testirani biokemijski pokazatelj mišićne bolnosti i oštećenja, kreatin kinaza (CK) određuje prema principu reakcije:



gdje je stopa povećanja apsorpcije, zbog formiranja NADPH, proporcionalna aktivnosti CK-e u uzorku.



**Slika 14.** Aparat za centrifugiranje StatSpin®Express 2 (Iris Sample Processing, USA).



**Slika 15.** Biokemijski analizator Olympus AU480  
(Olympus Corporation)

S antropometrijskim setom (GPM, Švicarska) i medicinskom vagom izmjerene su antropometrijske varijable, dok je postotak potkožnog masnog tkiva utvrđen prema metodi biološke impedancije na vagi Tanita BC-418 (Tanita, USA) koja s četiri elektrode, dvije za ruke i dvije za stopala, kroz cijelo tijelo šalje slabi električni signal. Upravo tamo gdje je veći otpor, odnosno impedancija, signal sporije prolazi i ukazuje na veći udio potkožnog masnog tkiva.

Za mjerenje testova brzine i agilnosti korištena je štoperica ULTRAK 495 (CEI, Kanada) i sustav fotostanica (Newtest, Finland) koji omogućava izrazito preciznu registraciju vremena koje je ispitaniku potrebno da odradi zadanu dionicu. Sastoji se od tri para fotostanica s pratećim tehničkim sredstvima (prijenosno računalo, stativi, kablovi, konektori i sl). Sustav bilježi vrijeme proteklo od startnog signala do presijecanja infracrvene zrake koja odašilje i prima par fotostanica (Krističević i Hraski, 1999).



**Slika 16.** Vaga za mjerenje potkožnog masnog tkiva  
Tanita BC-418 (Tanita, USA).



**Slika 17.** Sustav fotostanica (Newtest, Finland).

#### 4.5. Opis mjernih postupaka

Kako bi se adekvatno provela procjena motoričkih sposobnosti ispitanika korišten je skup od šest motoričkih testova.

Za procjenu eksplozivne snage tipa skoka korištena su dva testa:

- *Sargentov vertikalni test (cm),*
- *skok u dalj s mjesta (cm).*

Sargentov vertikalni test korišten je za procjenu visine vertikalnog skoka (VS) čije vrijednosti koeficijenta pouzdanosti i povezanosti s prvom glavnom komponentom ( $\alpha=0,96$ ,  $r=0,80$ ) ukazuju na kvalitetan test eksplozivne snage (Marković i sur., 2004). Izvedba ispitanika sastojala bi se od zamaha rukama prema natrag i istovremenog spuštanja u počinjanje te potom eksplozivnog skoka u zrak s zamahom rukama prema naprijed i gore. Prilikom izvedbe ispitanik bi u dotaknuo pomične pločice dužine 1 cm na nepomičnom stalku. Ispitivač bi pročitao zadnju, odnosno donju vrijednost nepomaknutih pločica i oduzeo vrijednost koju ispitanik može dotaknuti stojeći s uzručenjem jedne ruke. Dobivena vrijednost predstavlja visinu skoka. U analizu je bila uključena srednja vrijednost dobivena iz tri čestice mjerenja.

Skok u dalj s mjesta (SDM) korišten je za procjenu horizontalne eksplozivne snage koji također predstavlja optimalni praktični test čije vrijednosti koeficijenta pouzdanosti i povezanosti s prvom glavnom komponentom ( $\alpha=0,95$ ,  $r=0,76$ ) ukazuju na njegovu prihvatljivu primjenu (Marković i sur., 2004). Ispitanik bi stao na početak strunjače te dobio uputu da skoči što dalje može. Udaljenost od početne pozicije predstavlja vrijednost na zadanom testu, a u analizu je bila uključena srednja vrijednost dobivena iz tri čestice mjerenja.

Za procjenu agilnosti, odnosno brzine promjene smjera kretanja korišten je:

- *test trčanja 20 yardi.*

S obzirom da se radi o sposobnosti koju veliki broj sportaša koristi tijekom izvedbe sportske aktivnosti, a napredak i dobivene vrijednosti dobivene pravocrtnim testom eksplozivnim testom poput sprinta na 5,10 i 20 metara, ne znači istovremeno napredak i identičnu vrijednost u brzini promjene smjera kretanja, iako se također radi o aktivnosti eksplozivnog karaktera (Bok, 2013). Ispitanik bi na zadani zvučni signal, sa središnje linije i iz poluvisoke pozicije



trčao udaljenost od 5 *yardi* u jednom, voljno odabranom smjeru, dotaknuo liniju stopalom i napravio brzu promjenu smjera te nastavio trčati 10 *yardi* preko središnje linije prema drugoj liniji koju bi također dotaknuo stopalom, napravio brzu promjenu smjera i protrčao preko startne središnje linije. Vrijeme od zvučnog signala do prelaska preko startne linije predstavlja dobivenu vrijednost u testu agilnosti. Ispitanik bi ponovio test tri put s pauzom od 2-3 minute. U analizu je korištena srednja dobivena vrijednost tri čestice testa.

Za procjenu eksplozivne snage tipa sprinta korišten je test sprinta na 20 metara tijekom čije realizacije su zabilježeni:

- *sprint na 5 metara (s)*,
- *sprint na 10 metara (s)*,
- *sprint na 20 metara (s)*

kako bi dobivene vrijednosti predstavljale prve dvije faze sprinta; stratnu fazu i fazu ubrzanja koje dominantno ovise o eksplozivnim karakteristikama (Vittori, 1995 prema Marković, 2004). Prije početka testa ispitanik je zauzeo poziciju visokog starta iza startne linije te je sa realizacijom sprinta krenuo na znak zvučnog signala, odnosno početak mjerenja vremena sprinta bio je iniciran zvučnim signalom. Test je bio izveden tri puta s pasivnom pauzom od dvije do tri minute između ponavljanja. U analizu je bila uključena srednja vrijednost dobivena iz tri čestice mjerenja.

Za izračun mehaničkih izlaza tijekom skokova na platformi za mjerenje sila reakcija podloge korišteni su slijedeći skokovi: skok iz čučnja (SJ), skok s pripremom (CMJ), skok s pripremom s dominantnom i nedominantnom nogom (CMJ<sub>d</sub> i CMJ<sub>nd</sub>), povezani skokovi iz stopala s pruženim nogama (CJ<sub>s</sub>) te povezani skokovi iz čučnja (CJ<sub>b</sub>) (Bosco i sur., 1983; Marković i sur., 2004). Skokovi su izvođeni tako da su na zadani znak ispitanici zauzeli uspravnu početnu poziciju s „rukama o bok“, osim za SJ gdje su se spustili u polučučanj. Na idući zadani znak izvodili su maksimalan vertikalni skok. Kod povezanih skokova (CJ<sub>s</sub> i CJ<sub>b</sub>) radilo se o pet povezanih skokova s minimalnim trajanjem kontakta s podlogom i maksimalnom visinom odraza. Kod jednonožnih skokova (CMJ<sub>d</sub> i CMJ<sub>nd</sub>), odraz i saskok izvedeni su na jednoj nozi. Skokovima na platformi za mjerenje sila izračunate su naredne vrijednosti:

- *sile reakcije podloge (N/TT)*,

- *vršna snaga ( $W/kg$ ),*
- *trajanje kontakta s podlogom ( $ms$ ),*
- *trajanje ekscentrične i koncentrične faze skoka ( $ms$ ),*
- *impuls sile ( $Ns$ ).*

Pomoću platforme za mjerenje sila i pripadajućeg softvera, tijekom svih skokova dobivene su maksimalne vrijednosti sila u fazi doskoka. Vršne vrijednosti snage pojedinih skokova izračunate su kao produkt maksimalne vertikalne komponente sile reakcije podloge koncentrične faze skoka i brzine centra težišta tijela u odnosu na masu ispitanika, te je također izračunata pomoću pripadajućeg softvera. Trajanje kontakta s podlogom, kao jedna od komponentata elastične snage izračunata je pomoću softvera kao prosječna vrijednost pet uzastopnih skokova i njihovog trajanja kontakta s podlogom. Trajanje pojedinih faza skoka određena je putem softvera koji očitava promjene u veličini i smjeru djelovanja sile reakcija podloge. Impuls sile predstavlja integral sile kroz vrijeme proizvodeći tako promjene u momentumu tijela, odnosno predstavlja vrijednost ispod krivulje u koncentričnoj fazi skoka umanjenoj za tjelesnu težinu ispitanika.

#### 4.6. Metode obrade podataka

Za obradu podataka korišten je program za statističku obradu podataka STATISTICA for Windows 10.0. Za sve mjerene morfološke, motoričke, biomehaničke i biokemijske parametre izračunata je aritmetička sredina i standardna devijacija te pokazatelji asimetričnosti i izduženosti (*skewness* i *kurtosis*), dok je normalnost distribucija provjerena Kolmogorov-Smirnovljevim testom.

Kako bi se analizirale razlike među grupama nakon provedenog osmotjednog skakačkog trenažnog programa treninga, korištena je multivarijatna analiza varijance za ponovljena mjerenja (MANOVA). U slučaju statistički značajnih razlika među grupama nakon provedenog programa treninga, korištena je univarijatna analiza varijance na varijablama razlika (ANOVA) da bi se ustanovilo koje varijable pridonose ukupnom razlikovanju grupa, a potom i Tukey *post hoc* analiza za detaljno utvrđivanje razlike među konkretnim grupama. Za utvrđivanje razlika, odnosno učinka provedenog programa korištena je serija t-testova za zavisne uzorke, no uz primjenu Bonferronijeve korekcije.

Razina statističke značajnosti svih analiza bila je testirana na razini pogreške od 0,05.

## 5. REZULTATI I RASPRAVA

### 5.1. Osnovni statistički parametri varijabli morfoloških karakteristika

Osnovni deskriptivni parametri morfoloških karakteristika ispitanika ukazuju na vrlo slične vrijednosti rezultata inicijalnog mjerenja u svim varijablama između kontrolne grupe i eksperimentalnih grupa. Upravo je početna pretpostavka da se grupe u inicijalnom statusu ne razlikuju i samim time bolje reprezentiraju populaciju, pa tako i onih vrhunskih sportaša s obzirom da navodi prijašnjih autora (Marković, 2007; Momirović i sur., 1987) upućuju da su vrijednosti morfoloških karakteristika, ali i motoričkih i funkcionalnih sposobnosti vrlo slične između studenata Kineziološkog fakulteta i sportaša u sportskim igrama.

**Tablica 8.** Osnovni deskriptivni parametri kontrolne grupe.

KG (n=11)	Inicijalno mjerenje			Prvo finalno mjerenje		
	$\bar{x} \pm s$	<i>min</i>	<i>max</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>min</i>	<i>max</i>
ALVT	177,21 ± 3,92	172,90	184,90			
ALDN-l	100,08 ± 2,68	96,40	104,60			
ALDN-d	100,19 ± 2,61	96,60	104,60			
ALDST-l	26,78 ± 0,62	25,60	27,80			
ALDST-d	26,72 ± 0,72	25,40	27,70			
ATSST-l	9,96 ± 0,40	9,10	10,40			
ATSST-d	10,03 ± 0,39	9,10	10,40			
ATDK-l	9,78 ± 0,35	9,30	10,40			
ATDK-d	9,68 ± 0,34	9,00	10,20			
ATDST-l	7,58 ± 0,27	7,00	8,00			
ATDST-d	7,53 ± 0,26	7,10	8,00			
AVTT	76,35 ± 9,15	68,30	101,00	76,19 ± 9,12	66,90	101,00
AV%TM	10,64 ± 2,37	5,90	13,90	10,00 ± 2,01	5,50	12,40
AVONAT-l	56,57 ± 2,07	53,70	60,00	56,70 ± 1,81	54,00	60,00
AVONAT-d	56,41 ± 3,06	50,40	60,90	57,02 ± 2,21	54,20	60,90
AVOPOT-l	37,30 ± 1,36	34,80	39,00	37,14 ± 1,60	34,80	39,30
AVOPOT-d	37,41 ± 1,47	35,40	40,00	37,01 ± 1,63	35,20	40,00

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, *s* - standardna devijacija, *min* - minimalna vrijednost, *max* - maksimalna vrijednost, **ALVT** - visina tijela, **ALDN-l** - dužina lijeve noge, **ALDN-d** - dužina desne noge, **ALDST-l** - dužina lijevog stopala, **ALST-d** - dužina desnog stopala, **ATSST-l** - dijamentar lijevog stopala, **ATSST-d** - dijamentar desnog stopala, **ATDK-l** - dijamentar lijevog koljena, **ATDK-d** - dijamentar desnog koljena, **ATDST-l** - dijamentar lijevog stopala, **ATDST-d** - dijamentar desnog stopala, **AVTT** - tjelesna težina, **AV%TM** - udio masnog tkiva, **AVONAT-l** - opseg lijeve natkoljenice, **AVONAT-d** - opseg desne natkoljenice, **AVOPOT-l** - opseg lijeve potkoljenice, **AVOPOT-d** - opseg desne potkoljenice.

**Tablica 9.** Osnovni deskriptivni parametri eksperimentalne grupe na tlu.

EG1 (n=10)	Incijalno mjerenje			Prvo finalno mjerenje		
	$\bar{x} \pm s$	<i>min</i>	<i>max</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>min</i>	<i>max</i>
ALVT	180,27 ± 6,89	173,60	190,70			
ALDN-l	102,62 ± 3,65	98,50	108,20			
ALDN-d	102,56 ± 3,54	98,40	108,00			
ALDST-l	27,05 ± 1,12	25,60	28,50			
ALDST-d	26,97 ± 1,00	25,50	28,30			
ATSST-l	9,95 ± 0,46	9,10	10,50			
ATSST-d	10,00 ± 0,39	9,40	10,60			
ATDK-l	9,87 ± 0,45	9,20	10,50			
ATDK-d	9,83 ± 0,45	9,10	10,50			
ATDST-l	7,80 ± 0,26	7,20	8,10			
ATDST-d	7,72 ± 0,28	7,10	8,10			
AVTT	79,1 ± 9,24	67,50	96,60	78,2 ± 8,58	66,30	95,20
AV%TM	12,34 ± 4,75	5,04	20,30	10,53 ± 3,90	4,30	16,30
AVONAT-l	58,52 ± 3,18	54,50	65,20	58,29 ± 3,54	53,40	65,60
AVONAT-d	58,72 ± 3,18	55,00	65,10	58,84 ± 3,61	53,60	66,20
AVOPOT-l	37,71 ± 1,58	35,00	40,00	37,94 ± 1,50	35,10	40,30
AVOPOT-d	37,56 ± 1,49	35,40	40,20	38,07 ± 1,26	36,00	40,00

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, *s* – standardna devijacija, *min* – minimalna vrijednost, *max* – maksimalna vrijednost, **ALVT** – visina tijela, **ALDN-l** - dužina lijeve noge, **ALDN-d** - dužina desne noge, **ALDST-l** - dužina lijevog stopala, **ALST-d** - dužina desnog stopala, **ATSST-l** - dijamer lijevog stopala, **ATSST-d** - dijamer desnog stopala, **ATDK-l** - dijamer lijevog koljena, **ATDK-d** – dijamer desnog koljena, **ATDST-l** - dijamer lijevog stopala, **ATDST-d** - dijamer desnog stopala, **AVTT** – tjelesna težina, **AV%TM** – udio masnog tkiva, **AVONAT-l** – opseg lijeve natkoljenice, **AVONAT-d** – opseg desne natkoljenice, **AVOPOT-l** – opseg lijeve potkoljenice, **AVOPOT-d** – opseg desne potkoljenice.

**Tablica 10.** Osnovni deskriptivni parametri eksperimentalne grupe na tlu.

EG2 (n=10)	Inicijalno mjerenje			Prvo finalno mjerenje		
	$\bar{x} \pm s$	<i>min</i>	<i>max</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>min</i>	<i>max</i>
ALVT	178,58 ± 6,27	169,20	190,70			
ALDN-l	101,27 ± 4,01	94,60	106,10			
ALDN-d	100,59 ± 3,61	94,50	105,40			
ALDST-l	27,04 ± 1,39	26,00	30,10			
ALDST-d	26,98 ± 1,29	26,00	29,90			
ATSST-l	9,90 ± 0,68	9,10	10,90			
ATSST-d	9,96 ± 0,56	9,30	10,70			
ATDK-l	9,83 ± 0,63	8,90	10,60			
ATDK-d	9,77 ± 0,70	8,40	10,70			
ATDST-l	7,55 ± 0,45	7,10	8,40			
ATDST-d	7,59 ± 0,38	7,10	8,30			
AVTT	81,68 ± 10,24	66,00	112,50	82,15 ± 10,63	67,60	113,77
AV%TM	13,47 ± 6,21	6,70	26,80	12,15 ± 4,64	4,60	19,10
AVONAT-l	59,78 ± 5,82	53,5000	71,5000	59,93 ± 5,85	54,50	72,40
AVONAT-d	60,30 ± 5,33	55,0000	72,0000	60,51 ± 5,37	55,00	72,30
AVOPOT-l	38,59 ± 3,36	34,5000	44,5000	38,83 ± 3,60	34,10	45,40
AVOPOT-d	38,77 ± 3,41	33,5000	45,0000	39,09 ± 3,12	35,00	45,30

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, *s* - standardna devijacija, *min* - minimalna vrijednost, *max* - maksimalna vrijednost, **ALVT** – visina tijela, **ALDN-l** - dužina lijeve noge, **ALDN-d** - dužina desne noge, **ALDST-l** - dužina lijevog stopala, **ALST-d** - dužina desnog stopala, **ATSST-l** - dijamaetar lijevog stopala, **ATSST-d** - dijamaetar desnog stopala, **ATDK-l** - dijamaetar lijevog koljena, **ATDK-d** – dijamaetar desnog koljena, **ATDST-l** - dijamaetar lijevog stopala, **ATDST-d** - dijamaetar desnog stopala, **AVTT** – tjelesna težina, **AV%TM** – udio masnog tkiva, **AVONAT-l** – opseg lijeve natkoljenice, **AVONAT-d** – opseg desne natkoljenice, **AVOPOT-l** – opseg lijeve potkoljenice, **AVOPOT-d** – opseg desne potkoljenice.

Univarijatnom analizom varijance utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika između grupa u inicijalnom mjerenju ( $F_{12,46}=0,751$ ,  $p=0,695$ ), niti u prvom finalnom mjerenju ( $F_{12,46}=0,640$ ,  $p=0,797$ ). Skakački trenažni program nije utjecao na statistički značajne promjene u varijablama voluminoznosti tijela (**AVTT**, **AV%TM**, **AVONAT<sub>(d,l)</sub>** i **AVOPOT<sub>(d,l)</sub>**) kontrolne grupe i eksperimentalnih grupa. Dosadašnja istraživanja o pliometrijskom treningu, prvenstveno ona provedenom u vodi, usmjerena su na treninga motoričkih sposobnosti, ali ne i na promjene u antropometrijskim karakteristikama, točnije promjene mjera voluminoznosti tijela.

## 5.2. Osnovni statistički parametri varijabli motoričkih sposobnosti i biomehaničkih varijabli

**Tablica 11.** Osnovni deskriptivni parametri kontrolne grupe.

KG (n=11)		Inicijalno mjerenje			Prvo finalno mjerenje			d	ES
		$\bar{x} \pm s$	skewness	kurtosis	$\bar{x} \pm s$	skewness	kurtosis		
v5m	s	1,58 ± 0,09	0,33	-0,88	1,56 ± 0,06	-0,05	1,14	-0,02	0,27
v10m	s	2,36 ± 0,11	0,46	-1,39	2,34 ± 0,08	0,39	-0,68	-0,02	0,22
v20m	s	3,67 ± 0,13	0,23	-0,33	3,64 ± 0,14	0,27	-0,69	-0,03	0,23
VS	cm	52,91 ± 5,29	1,47	2,09	53,97 ± 4,14	0,11	-0,44	1,06	0,23
SDM	cm	228,88 ± 14,69	-0,32	-0,94	231,33 ± 13,72	-0,76	0,01	2,45	0,18
Ag20y	s	5,03 ± 0,25	0,23	-0,33	5,02 ± 0,16	0,15	-0,96	-0,01	0,05
GRF_SJ	N/TT	5,65 ± 0,96	0,07	-0,32	5,84 ± 1,27	0,58	0,18	0,19	0,18
GRF_CMJ	N/TT	5,97 ± 1,51	1,61	1,93	5,55 ± 1,41	0,96	0,40	-0,42	0,30
GRF_CMJ <sub>d</sub>	N/TT	3,97 ± 0,53	0,47	-1,08	4,10 ± 0,62	0,42	-0,92	0,13	0,24
GRF_CMJ <sub>nd</sub>	N/TT	3,71 ± 0,47	0,48	-0,42	3,94 ± 0,42	-0,27	-0,83	0,23	0,54
GRF_CJ <sub>s</sub>	N/TT	6,64 ± 0,56	-0,18	-0,65	6,73 ± 0,68	1,12	1,24	0,09	0,15
P <sub>p</sub> _SJ	W/kg	48,19 ± 4,80	0,19	-0,85	48,43 ± 5,49	0,85	0,31	0,24	0,05
P <sub>p</sub> _CMJ	W/kg	48,57 ± 7,05	0,95	0,48	47,83 ± 4,59	0,82	1,29	-0,74	0,13
P <sub>p</sub> _CMJ <sub>d</sub>	W/kg	27,43 ± 2,64	-0,28	-0,70	28,85 ± 4,20	1,12	1,24	1,42	0,42
P <sub>p</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	W/kg	27,01 ± 3,70	0,31	1,02	27,21 ± 2,68	0,68	0,77	0,20	0,06
t_CJ <sub>s</sub>	ms	176,36 ± 11,82	-0,60	-0,69	179,91 ± 17,21	0,47	0,97	3,55	0,25
t_CJ <sub>b</sub>	ms	608,27 ± 112,40	0,00	-1,22	603,55 ± 86,65	0,32	1,08	-4,72	0,05
t <sub>ef</sub> _CMJ	ms	0,365 ± 0,11	0,87	0,66	0,351 ± 0,07	-1,00	0,99	-0,01	0,16
t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>d</sub>	ms	0,368 ± 0,09	-0,16	-1,18	0,348 ± 0,08	-0,07	-0,89	-0,02	0,25
t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	ms	0,374 ± 0,09	0,35	-0,09	0,363 ± 0,10	0,40	-1,11	-0,01	0,12
t <sub>kf</sub> _CMJ	ms	0,514 ± 0,12	0,13	-1,77	0,507 ± 0,08	-0,03	-1,45	-0,01	0,07
t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>d</sub>	ms	0,606 ± 0,11	1,25	3,37	0,565 ± 0,07	-0,88	3,21	-0,04	0,47
t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	ms	0,605 ± 0,13	0,03	-0,32	0,591 ± 0,06	0,72	0,08	-0,01	0,15
I <sub>ef</sub>	Ns	99,42 ± 16,85	0,77	-0,04	103,93 ± 12,30	0,34	0,38	4,51	0,32
I <sub>kf</sub>	Ns	308,19 ± 43,61	0,69	-0,81	297,12 ± 41,09	1,78	2,29	-11,07	0,27

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $s$  – standardna devijacija, **skewness (a3)** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **kurtosis (a4)** – koeficijent spljoštenosti, odnosno izduženosti distribucije rezultata, **ES** (eng. *effect size*) - relativna mjera veličine učinka između dvije aritmetičke sredine u inicijalnom i finalnom testiranju, **d** - apsolutnavrijednost tj. razlika između aritmetičke sredine u inicijalnom i finalnom testiranju u originalnim mjernim jedinicama pripadajuće varijable, **v5m** – brzina na 5m, **v10m** – brzina na 10m, **v20m** – brzina na 20m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi, **GRF\_SJ** – sile reakcije podloge za skok iz čučnja, **GRF\_CMJ** – sile reakcije podloge za skok s pripremom, **GRF\_CMJ<sub>d</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom dominantnom nogom, **GRF\_CMJ<sub>nd</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom nedominantnom nogom, **GRF\_CJ<sub>s</sub>** – sile reakcije podloge za povezane skokove iz stopala, **P<sub>p</sub>\_SJ** – vršna snaga skoka iz čučnja, **P<sub>p</sub>\_CMJ** – vršna snaga skoka s pripremom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t\_CJ<sub>s</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz stopala, **t\_CJ<sub>b</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz čučnja, **t<sub>ef</sub>\_CMJ** – trajanje ekscentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ** – trajanje koncentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **I<sub>ef</sub>** – impuls sile u ekscentričnoj fazi, **I<sub>kf</sub>** – impuls sile u koncentričnoj fazi.

U tablici 11., 12. i 13. prikazani su osnovni deskriptivni parametri ( $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $s$  - standardna devijacija), mjere centralne tendencije (*skewness* - koeficijent asimetričnosti distribucije, *kurtosis* - koeficijent izduženosti distribucije) kako bi se što bolje objasnilo grupiranje rezultata, mjera veličine učinka između dviju aritmetičkih sredina u inicijalnom testiranju i finalnom testiranju (*ES*, eng. *effect size*) te razlika između aritmetičke sredine u inicijalnom testiranju i finalnom testiranju svake skupine u originalnim mjernim jedinicama pripadajuće varijable (*d*).

Veličina učinka (*ES*) izračunata je pomoću Cohenovog *d*-indeksa čija veličina ukazuje na slabi ( $< 0,2$ ), umjeren ( $0,2 - 0,5$ ), srednje veliki ( $0,5 - 0,8$ ) i veliki utjecaj ( $> 0,8$ ) (Cohen, 1988).

Iz tablice 11. vidljivi su mali pomaci u rezultatima između inicijalnog testiranja i finalnog testiranja s obzirom da kontrolna skupina nije prolazila kroz nikakav tretman, a može se pretpostaviti kako su dobivene razlike između mjerenja rezultat utjecaja motoričkog učenja, odnosno prelazak izvedbe zadanog testa iz nižih faza u fazu automatizacije. Deskriptivnom analizom izduženosti i asimetrije distribucije moguće je zaključiti da su rezultati varijabli većinom pozitivno distribuirani ( $a_3 > 0$ ). Rezultati varijabli VS i GRF\_CMJ pokazuju najviše vrijednosti asimetrije, što upućuje da se ispitanici u toj varijabli najviše grupiraju u zoni nižih vrijednosti, dok rezultati varijabli  $t_{CJ_s}$ , tkf\_CMJ i SDM u pojedinim testiranjima imaju negativan predznak i upućuju na grupiranje rezultata u zoni viših vrijednosti. Pokazatelj izduženosti distribucije (*kurtosis*) ukazuje na raspršenost i heterogenost rezultata ( $a_4 < 3$ ).



**Tablica 12.** Osnovni deskriptivni parametri eksperimentalne grupe na tlu.

EG1 (n=10)		Incijalno mjerenje			Finalno mjerenje			d	ES
		$\bar{x} \pm s$	skewness	kurtosis	$\bar{x} \pm s$	skewness	kurtosis		
v5m	s	1,55 + 0,07	0,70	0,13	1,53 + 0,06	-0,03	-2,08	-0,03	0,40
v10m	s	2,35 + 0,08	0,74	-0,62	2,31 + 0,08	0,13	-1,32	-0,04	0,48
v20m	s	3,69 + 0,16	0,37	-1,58	3,63 + 0,16	-0,36	-1,03	-0,06	0,39
VS	cm	58,60 + 7,86	-0,54	-0,56	62,40 + 7,25	-1,42	3,02	3,80	0,53
SDM	cm	243,00 + 21,89	-0,08	-0,11	248,93 + 23,04	-0,60	0,28	5,93	0,28
Ag20y	s	4,99 + 0,29	0,85	-0,18	4,88 + 0,25	0,91	-0,72	-0,10	0,39
GRF_SJ	N/TT	4,16 + 1,04	0,78	1,44	4,09 + 0,66	0,26	-0,84	-0,07	0,08
GRF_CMJ	N/TT	4,52 + 0,93	0,14	-1,75	4,12 + 0,72	-0,32	-1,14	-0,40	0,51
GRF_CMJ <sub>d</sub>	N/TT	3,43 + 0,44	0,36	-1,17	3,41 + 0,56	-0,15	-0,40	-0,02	0,04
GRF_CMJ <sub>nd</sub>	N/TT	3,68 + 0,40	-0,74	-1,38	3,71 + 0,55	-0,72	-0,59	0,03	0,07
GRF_CJ <sub>s</sub>	N/TT	6,89 + 1,15	1,86	3,99	6,35 + 0,55	-0,34	-0,54	-0,54	0,63
P <sub>p</sub> _SJ	W/kg	50,82 + 7,73	0,14	-0,62	51,66 + 9,56	0,40	-0,11	0,84	0,10
P <sub>p</sub> _CMJ	W/kg	49,61 + 7,91	0,41	-1,04	51,37 + 8,97	0,96	1,36	1,76	0,22
P <sub>p</sub> _CMJ <sub>d</sub>	W/kg	28,43 + 2,97	-0,72	-0,48	30,79 + 3,51	1,27	2,72	2,36	0,77
P <sub>p</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	W/kg	28,10 + 3,72	-0,29	-1,28	29,99 + 3,87	-0,25	-0,63	1,89	0,52
t <sub>CJ</sub> <sub>s</sub>	ms	175,70 + 20,59	1,28	2,82	178,50 + 9,74	0,21	-1,55	2,80	0,18
t <sub>CJ</sub> <sub>b</sub>	ms	549,40 + 68,13	0,58	-0,45	569,90 + 62,54	-0,28	-1,06	20,50	0,33
t <sub>ef</sub> _CMJ	ms	0,34 + 0,06	0,44	-0,76	0,33 + 0,06	1,11	0,16	-0,01	0,18
t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>d</sub>	ms	0,37 + 0,06	1,16	0,19	0,35 + 0,03	-0,03	-1,44	-0,02	0,44
t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	ms	0,34 + 0,10	1,66	2,98	0,35 + 0,07	0,44	-1,50	0,01	0,12
t <sub>kf</sub> _CMJ	ms	0,47 + 0,06	-0,14	-0,94	0,47 + 0,07	-0,35	-1,07	0,00	0,00
t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>d</sub>	ms	0,57 + 0,05	-0,02	-0,18	0,59 + 0,09	0,68	-0,61	0,02	0,29
t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	ms	0,58 + 0,08	0,73	0,48	0,59 + 0,09	0,04	-0,99	0,01	0,12
I <sub>ef</sub>	Ns	116,28 + 27,86	1,01	0,87	112,41 + 18,59	1,05	1,34	-3,87	0,17
I <sub>kf</sub>	Ns	326,55 + 59,52	-0,14	-0,59	330,11 + 50,05	0,40	0,49	3,56	0,07

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $s$  – standardna devijacija, **skewness (a3)** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **kurtosis (a4)** – koeficijent spljoštenosti, odnosno izduženosti distribucije rezultata, **ES** (eng. *effect size*) - relativna mjera veličine učinka između dvije aritmetičke sredine u inicijalnom i finalnom testiranju, **d** - apsolutnavrijednost tj. razlika između aritmetičke sredine u inicijalnom i finalnom testiranju u originalnim mjernim jedinicama pripadajuće varijable, **v5m** – brzina na 5m, **v10m** – brzina na 10m, **v20m** – brzina na 20m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi, **GRF\_SJ** – sile reakcije podloge za skok iz čučnja, **GRF\_CMJ** – sile reakcije podloge za skok s pripremom, **GRF\_CMJ<sub>d</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom dominantnom nogom, **GRF\_CMJ<sub>nd</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom nedominantnom nogom, **GRF\_CJ<sub>s</sub>** – sile reakcije podloge za povezane skokove iz stopala, **P<sub>p</sub>\_SJ** – vršna snaga skoka iz čučnja, **P<sub>p</sub>\_CMJ** – vršna snaga skoka s pripremom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t<sub>CJ</sub><sub>s</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz stopala, **t<sub>CJ</sub><sub>b</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz čučnja, **t<sub>ef</sub>\_CMJ** – trajanje ekscentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ** – trajanje koncentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **I<sub>ef</sub>** – impuls sile u ekscentričnoj fazi, **I<sub>kf</sub>** – impuls sile u koncentričnoj fazi.

Veličina učinka (ES) ukazuje na niz varijabli na koje je tretman, odnosno trenažni program imao umjereni te srednje veliki utjecaj (v5m, v10m, v20m, SDM, Ag20y, P<sub>p</sub>\_CMJ, t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>d</sub> i dr., a potom i VS, GRF\_CMJ, GRF\_CJ<sub>s</sub>, P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>d</sub> i dr.). Također razlike u originalnim mjernim jedinicama ukazuju na napredak pod utjecajem tretmana, no treba uzeti u obzir i predznak kod obrnuto skaliranih varijabli. Također, postoje i oni rezultati u varijablama kod kojih ne postoji napredak ili je zanemariv. Većina varijabli je, kao i kod kontrolne skupine, pozitivno distribuirana, a gledajući izduženost distribucije, rezultati su raspršeni i heterogeni. Kako bi se nadišao problem malog broja ispitanika i slabe statističke snage, kvantitativnim je pristupom meta-analize Markovic (2007) dobio da većina pliometrijskih programa ima veličinu učinka 0,35 - 0,55 za visinu vertikalnog skoka pri izvedbi SJ-a (*eng. squat jump*), zatim 0,83 - 0,89 za visinu vertikalnog skoka pri izvedbi CMJ-a (*eng. countermovement jump*), 0,67 – 0,79 za visinu vertikalnog skoka pri izvedbi CMJ-a sa zamahom ruku što ujedno odgovara izvedbi vertikalnog skoka u ovom eksperimentu. Međutim, rezultat eksperimentalne grupe na tlu ovim je testiranjem pokazao manju veličinu učinka (0,53), a podjednaka vrijednost dobivena je i za sile reakcije podloge pri izvedbi CMJ-a (0,51).

**Tablica 13.** Osnovni deskriptivni parametri eksperimentalne grupe u vodi.

EG2 (n=10)		Inicijalno mjerenje			Finalno mjerenje			d	ES
		$\bar{x} \pm s$	skewness	kurtosis	$\bar{x} \pm s$	skewness	kurtosis		
v5m	s	1,59 + 0,08	-0,03	-0,03	1,52 + 0,07	0,13	-0,28	-0,07	0,99
v10m	s	2,36 + 0,14	0,20	-1,30	2,27 + 0,08	0,67	-0,01	-0,09	0,78
v20m	s	3,68 + 0,23	0,38	-1,27	3,57 + 0,14	1,19	0,94	-0,12	0,67
VS	cm	56,93 + 10,65	0,17	-1,14	61,53 + 9,48	0,88	0,46	4,60	0,48
SDM	cm	237,66 + 25,73	0,18	-1,15	237,87 + 18,00	-1,23	1,16	0,20	0,01
Ag20y	s	5,15 + 0,55	0,95	0,36	4,85 + 0,21	0,80	-0,34	-0,30	0,77
GRF_SJ	N/TT	4,60 + 0,95	-0,44	-0,78	4,59 + 1,27	0,86	0,47	-0,01	0,01
GRF_CMJ	N/TT	4,78 + 1,32	0,46	-1,08	4,63 + 1,13	-0,20	-1,71	-0,15	0,13
GRF_CMJ <sub>d</sub>	N/TT	3,62 + 0,92	0,07	-0,13	3,81 + 0,72	-0,22	-1,38	0,18	0,23
GRF_CMJ <sub>nd</sub>	N/TT	3,54 + 0,85	1,11	2,80	3,36 + 0,56	1,09	0,82	-0,17	0,25
GRF_CJ <sub>s</sub>	N/TT	6,72 + 0,68	-0,23	-1,17	6,81 + 0,66	0,38	-1,31	0,10	0,16
P <sub>p</sub> _SJ	W/kg	52,55 + 8,81	-0,06	-0,64	52,95 + 6,31	-0,12	-1,21	0,40	0,05
P <sub>p</sub> _CMJ	W/kg	51,85 + 9,57	0,07	0,19	51,09 + 7,44	-0,70	0,92	-0,76	0,09
P <sub>p</sub> _CMJ <sub>d</sub>	W/kg	30,21 + 4,12	-0,52	-1,09	30,02 + 3,65	-1,32	2,89	-0,20	0,05
P <sub>p</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	W/kg	28,81 + 5,22	0,00	-0,98	28,53 + 4,11	-0,99	-0,48	-0,28	0,06
t_CJ <sub>s</sub>	ms	173,10 + 7,80	-0,37	-1,07	169,40 + 11,22	0,23	-1,39	-3,70	0,40
t_CJ <sub>b</sub>	ms	583,30 + 127,84	0,73	0,05	580,50 + 62,14	1,93	4,66	-2,80	0,03
t <sub>ef</sub> _CMJ	ms	0,342 + 0,04	0,67	0,24	0,359 + 0,08	0,84	0,20	0,02	0,28
t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>d</sub>	ms	0,368 + 0,09	1,50	2,01	0,332 + 0,09	1,29	2,35	-0,04	0,42
t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	ms	0,392 + 0,08	0,64	-0,56	0,353 + 0,09	2,54	7,33	-0,04	0,43
t <sub>kf</sub> _CMJ	ms	0,504 + 0,13	1,42	2,10	0,479 + 0,04	0,64	0,19	-0,02	0,27
t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>d</sub>	ms	0,571 + 0,11	1,16	0,06	0,602 + 0,08	1,25	1,76	0,03	0,35
t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	ms	0,593 + 0,09	0,89	-0,81	0,590 + 0,12	-0,89	0,94	0,00	0,03
I <sub>ef</sub>	Ns	116,55 + 23,48	0,59	-0,84	117,79 + 26,31	0,78	-0,48	1,24	0,05
I <sub>kf</sub>	Ns	320,52 + 61,31	0,26	-0,75	340,99 + 60,91	1,19	1,00	20,48	0,35

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $s$  – standardna devijacija, **skewness (a3)** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **kurtosis (a4)** – koeficijent spljoštenosti, odnosno izduženosti distribucije rezultata, **ES** (eng. *effect size*) - relativna mjera veličine učinka između dvije aritmetičke sredine u inicijalnom i finalnom testiranju, **d** - apsolutnavrijednost tj. razlika između aritmetičke sredine u inicijalnom i finalnom testiranju u originalnim mjernim jedinicama pripadajuće varijable, **v5m** – brzina na 5m, **v10m** – brzina na 10m, **v20m** – brzina na 20m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi, **GRF\_SJ** – sile reakcije podloge za skok iz čučnja, **GRF\_CMJ** – sile reakcije podloge za skok s pripremom, **GRF\_CMJ<sub>d</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom dominantnom nogom, **GRF\_CMJ<sub>nd</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom nedominantnom nogom, **GRF\_CJ<sub>s</sub>** – sile reakcije podloge za povezane skokove iz stopala, **P<sub>p</sub>\_SJ** – vršna snaga skoka iz čučnja, **P<sub>p</sub>\_CMJ** – vršna snaga skoka s pripremom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t\_CJ<sub>s</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz stopala, **t\_CJ<sub>b</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz čučnja, **t<sub>ef</sub>\_CMJ** – trajanje ekscentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ** – trajanje koncentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **I<sub>ef</sub>** – impuls sile u ekscentričnoj fazi, **I<sub>kf</sub>** – impuls sile u koncentričnoj fazi.

Kod prve tri varijable, v5m, v10m, v20m, vidljiv je srednje veliki i veliki utjecaj tretmana te je prisutan i u varijablama motoričke izvedbe VS i Ag20y. U još ponekim varijablama vidljiv je umjereni učinak tretmana ( $t_{ef\_CMJ}$ ,  $t_{ef\_CMJ_d}$ ,  $t_{ef\_CMJ_{nd}}$ ,  $I_{kf}$  i dr.). Kao i u kontrolnoj skupini te eksperimentalnoj na tlu, većina rezultata je pozitivno asimetrična te heterogena i raspršena prema koeficijentu izduženosti. Većina razlika između aritmetičkih sredina inicijalnog i finalnog testiranja ukazuje na pozitivan pomak, odnosno napredak pod utjecajem tretmana.

### 5.3. Analize varijance između kontrolne i eksperimentalnih grupa

**Tablica 14.** Multivarijantna analiza varijance između grupa u inicijalnom mjerenju.

Wilks lambda		F	Effect df	Error df	p
GROUP	0,006	1,851	50	8	,18

**Legenda:** **GROUP** – grupa, **Wilks lambda** –testira statistički značajnu razliku između centroida grupa, **F** – vrijednost temeljem koje se testira statistički značajnost doprinosa svake varijable diskriminacijskoj moći cijelog modela, **Effect df** – broj stupnjeva slobode između grupa, **Error df** – broj stupnjeva slobode unutar grupa, **p** – razina statističke značajnosti, odnosno pogreška koju činimo tvrdeći da je razlika između analiziranih grupa statistički značajna.

**Tablica 15.** Multivarijantna analiza varijance među tri grupe i dva mjerenja.

Wilks lambda		F	Effect df	Error df	p
R1*GROUP	0,001	4,08	50	8	,020

**Legenda:** **R1\*GROUP** – mjerenje\*skupina, **Wilks lambda** –testira statistički značajnu razliku između centroida grupa, **F** – vrijednost temeljem koje se testira statistički značajnost doprinosa svake varijable diskriminacijskoj moći cijelog modela, **Effect df** – broj stupnjeva slobode među grupama, **Error df** – broj stupnjeva slobode u grupama, **p** – razina statističke značajnosti, odnosno pogreška koju činimo tvrdeći da je razlika među analiziranim grupama statistički značajna.

Multivarijantna analiza inicijalnog stanja pokazala je da ne postoje statistički značajne razlike među grupama u inicijalnom mjerenju (tablica 14). Budući da nije bilo statistički značajnih razlika među grupama u inicijalnom mjerenju te da su sve varijable normalno distribuirane prema Kolomogorov-Smirnovljevom testu, u nastavku obrade podataka korištene su parametrijske metode za analizu varijance (MANOVA i ANOVA). Dodatno je provedena i univarijantna analiza varijance u svim varijablama među grupama u inicijalnom stanju iz koje je vidljivo da ne postoji niti jedna varijabla u kojoj se grupe statistički značajno razlikuju (tablica 15).

U tablici 15. multivarijantna analiza varijance nakon inicijalnog i prvog finalnog mjerenja među svim trima grupama, istraživanja ukazuju na postojanje statistički značajnih razlika među grupama kao rezultat provedenih tretmana na eksperimentalnim grupama. Univarijantna analiza varijance na varijablama razlika (finalni rezultati – inicijalni rezultati) provedena je kako bi se što točnije izmjerio utjecaj tretmana na grupe. U tablici 17. vidljivo je da je osmotjedni skakački program utjecao na pojavu statistički značajnih razlika među grupama u varijablama v5, v10, VS, Ag20y i u jednoj biomehaničkoj varijabli  $I_{kf}$ . Thomas i sur. (2009) su također istraživali utjecaj dvaju različitih skakačkih programa te su dobili unaprjeđenje vertikalnog skoka ( $F(1,10) = 42,22$ ,  $p < 0,05$ ) i agilnosti ( $F(1,10) = 60,97$ ,  $p < 0,05$ ), no ne i

sprint izvedbe za razliku od dobivenih rezultata ovog istraživanja. Iako se radilo o skakačkom programu s naglaskom na skokove s pripremom i drugom skakačkom programu s naglaskom na skokove s povišenja, potrebno je ukazati na poveznicu između skakačkih programa i utjecaja na razlike među kontrolnim i eksperimentalnim grupama. Robinson i sur. (2004) među svojim grupama nisu dobili statistički značajne razlike ( $F(6, 24) = 0,6$ ,  $p < 0.724$ ), no pretpostavka je da zbog malog broja ispitanika nije bilo moguće ukazati na promjene među grupama i naravno važno je naglasiti kako nije postojala kontrolna skupina, iako je pod utjecajem programa došlo do statistički značajnih promjena u vrijednosti vertikalnog skoka kao prediktora vršne snage i u brzini trčanja na 40 m kao prediktora maksimalne brzine u obje eksperimentalne grupe. Arazi i sur. (2012) također nisu dobili statistički značajne razlike među grupama, dok su dobivene statistički značajne promjene u četiri testirane varijable pod utjecajem tretmana vidljive u obje grupe od kojih se ističe visina vertikalnog skoka.

Iako u velikom broju biomehaničkih varijabli nisu utvrđene statistički značajne razlike, moguće je iz rezultata inicijalnog mjerenja i prvog finalnog mjerenja (tablice 11, 12 i 13) zaključiti da se radi o varijablama s vrlo velikim standardnim devijacijama kod kojih mali pomaci u rezultatima nisu posljedica statistički značajnih promjena.

**Tablica 16.** Univarijantna analiza varijance u varijablama među grupama u inicijalnom mjerenju.

VARIJABLE:	F(2,28)	p	VARIJABLE:	F(2,28)	P
<b>v5m</b> (s)	0,46	0,64	<b>P<sub>p</sub>_CMJ<sub>d</sub></b> (W/kg)	1,92	0,16
<b>v10m</b> (s)	0,06	0,94	<b>P<sub>p</sub>_CMJ<sub>nd</sub></b> (W/kg)	0,46	0,66
<b>v20m</b> (s)	0,02	0,98	<b>t_CJ<sub>s</sub></b> (ms)	0,15	0,86
<b>VS</b> (cm)	1,36	0,27	<b>t_CJ<sub>b</sub></b> (ms)	0,81	0,46
<b>SDM</b> (cm)	1,21	0,31	<b>t<sub>ef</sub>_CMJ</b> (ms)	0,2	0,73
<b>Ag20y</b> (s)	0,52	0,6	<b>t<sub>ef</sub>_CMJ<sub>d</sub></b> (ms)	0,02	0,99
<b>GRF_SJ</b> (N/TT)	3,02	0,06	<b>t<sub>ef</sub>_CMJ<sub>nd</sub></b> (ms)	0,86	0,43
<b>GRF_CMJ</b> (N/TT)	2,71	0,08	<b>t<sub>kf</sub>_CMJ</b> (ms)	0,43	0,66
<b>GRF_CMJ<sub>d</sub></b> (N/TT)	1,79	0,19	<b>t<sub>kf</sub>_CMJ<sub>d</sub></b> (ms)	0,49	0,62
<b>GRF_CMJ<sub>nd</sub></b> (N/TT)	0,25	0,78	<b>t<sub>kf</sub>_CMJ<sub>nd</sub></b> (ms)	0,1	0,9
<b>GRF_CJ<sub>s</sub></b> (N/TT)	0,22	0,8	<b>I<sub>ef</sub></b> (Ns)	1,19	0,16
<b>P<sub>p</sub>_SJ</b> (W/kg)	0,97	0,39	<b>I<sub>kf</sub></b> (Ns)	0,27	0,77
<b>P<sub>p</sub>_CMJ</b> (W/kg)	0,43	0,65			

**Legenda:** **F** – vrijednost temeljem koje se testira statistički značajnost, **p** – razina statističke značajnosti, **v5m** – brzina na 5m, **v10m** – brzina na 10m, **v20m** – brzina na 20m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi, **GRF\_SJ** – sile reakcije podloge za skok iz čučnja, **GRF\_CMJ** – sile reakcije podloge za skok s pripremom, **GRF\_CMJ<sub>d</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom dominantnom nogom, **GRF\_CMJ<sub>nd</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom nedominantnom

nogom, **GRF\_CJ<sub>s</sub>** – sile reakcije podloge za povezane skokove iz stopala, **P<sub>p</sub>\_SJ** – vršna snaga skoka iz čučnja, **P<sub>p</sub>\_CMJ** – vršna snaga skoka s pripremom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t\_CJ<sub>s</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz stopala, **t\_CJ<sub>b</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz čučnja, **t<sub>ef</sub>\_CMJ** – trajanje ekscentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ** – trajanje koncentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **I<sub>ef</sub>** – impuls sile u ekscentričnoj fazi, **I<sub>kf</sub>** – impuls sile u koncentričnoj fazi.

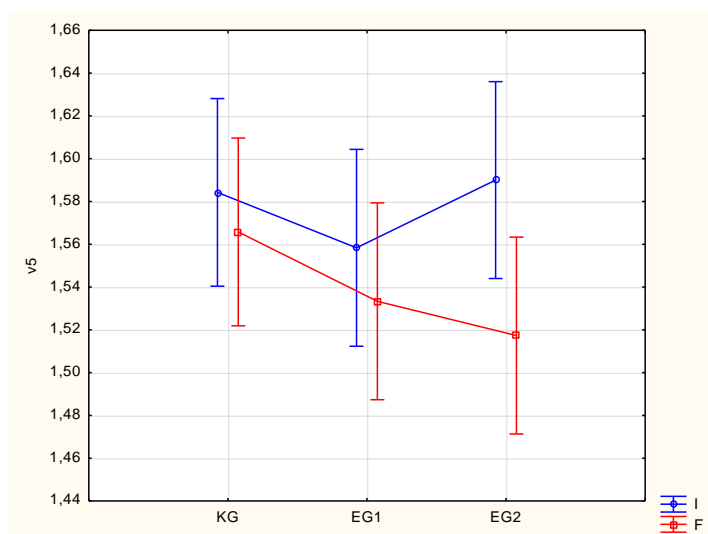
**Tablica 17.** Univarijantna analiza varijance među varijablama razlika.

VARIJABLE:	F(2,28)	P	VARIJABLE:	F(2,28)	P
<b>v5m</b> (s)	3,49	0,044	<b>P<sub>p</sub>_CMJ<sub>d</sub></b> (W/kg)	2,71	0,08
<b>v10m</b> (s)	3,41	0,047	<b>P<sub>p</sub>_CMJ<sub>nd</sub></b> (W/kg)	1,57	0,23
<b>v20m</b> (s)	2,32	0,13	<b>t_CJ<sub>s</sub></b> (ms)	1,26	0,29
<b>VS</b> (cm)	4,51	0,02	<b>t_CJ<sub>b</sub></b> (ms)	0,23	0,79
<b>SDM</b> (cm)	0,49	0,61	<b>t<sub>ef</sub>_CMJ</b> (ms)	0,55	0,57
<b>Ag20y</b> (s)	4,85	0,02	<b>t<sub>ef</sub>_CMJ<sub>d</sub></b> (ms)	0,12	0,88
<b>GRF_SJ</b> (N/TT)	2,19	0,13	<b>t<sub>ef</sub>_CMJ<sub>nd</sub></b> (ms)	1,09	0,35
<b>GRF_CMJ</b> (N/TT)	0,11	0,89	<b>t<sub>kf</sub>_CMJ</b> (ms)	0,19	0,82
<b>GRF_CMJ<sub>d</sub></b> (N/TT)	0,16	0,18	<b>t<sub>kf</sub>_CMJ<sub>d</sub></b> (ms)	1,93	0,16
<b>GRF_CMJ<sub>nd</sub></b> (N/TT)	1,84	0,17	<b>t<sub>kf</sub>_CMJ<sub>nd</sub></b> (ms)	0,08	0,92
<b>GRF_CJ<sub>s</sub></b> (N/TT)	1,76	0,19	<b>I<sub>ef</sub></b> (Ns)	0,61	0,55
<b>P<sub>p</sub>_SJ</b> (W/kg)	0,31	0,74	<b>I<sub>kf</sub></b> (Ns)	4,54	0,02
<b>P<sub>p</sub>_CMJ</b> (W/kg)	1,37	0,27			

**Legenda:** **F** – vrijednost temeljem koje se testira statistički značajnost, **p** – razina statističke značajnosti, **v5m** – brzina na 5m, **v10m** – brzina na 10m, **v20m** – brzina na 20m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi, **GRF\_SJ** – sile reakcije podloge za skok iz čučnja, **GRF\_CMJ** – sile reakcije podloge za skok s pripremom, **GRF\_CMJ<sub>d</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom dominantnom nogom, **GRF\_CMJ<sub>nd</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom nedominantnom nogom, **GRF\_CJ<sub>s</sub>** – sile reakcije podloge za povezane skokove iz stopala, **P<sub>p</sub>\_SJ** – vršna snaga skoka iz čučnja, **P<sub>p</sub>\_CMJ** – vršna snaga skoka s pripremom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t\_CJ<sub>s</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz stopala, **t\_CJ<sub>b</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz čučnja, **t<sub>ef</sub>\_CMJ** – trajanje ekscentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ** – trajanje koncentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **I<sub>ef</sub>** – impuls sile u ekscentričnoj fazi, **I<sub>kf</sub>** – impuls sile u koncentričnoj fazi.

Daljnjom analizom varijance kod statistički značajnih razlika, *post hoc* Tukey testom, dodatno je utvrđeno kako se upravo eksperimentalna grupa u vodi statistički značajno razlikuje od kontrolne grupe u četiri od pet varijabli, v10, VS, Ag20y, I<sub>kf</sub>, dok se niti u jednoj varijabli eksperimentalna grupa u vodi nije razlikovala od eksperimentalne grupe na tlu, pri

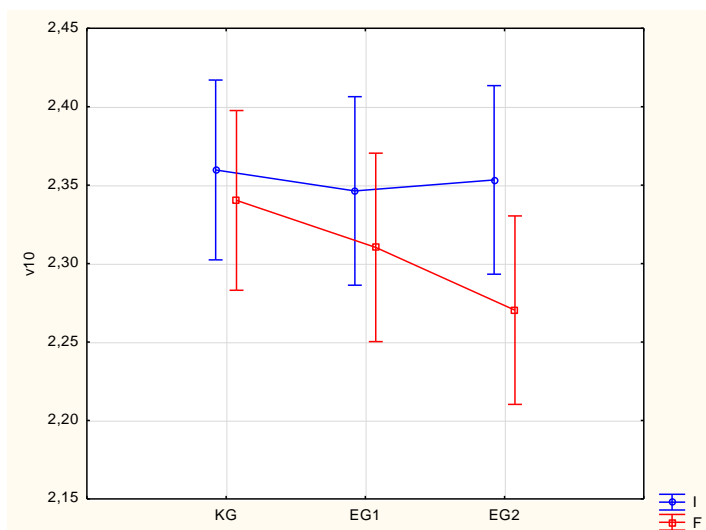
čemu je moguće zaključiti da oba skakačka program pridonose unaprjeđenju rezultata i izvedbe (tablica 18).



**Slika 18.** Grafički prikaz inicijalnog stanja grupe i prvog finalnog stanja grupa i statistički značajne razlike rezultata brzine na 5m ( $p < 0,05$ ).

Iz grafičkih su prikaza (slika 18 i slika 21) vidljive najveće promjene u razlikama između inicijalnih rezultata i finalnih rezultata eksperimentalne grupe u vodi i to u testu agilnosti (Ag20y) i brzini trčanja na 5 metara ( $v_5$ ). Rezultati univarijantne analize varijance na varijablama razlika upućuju na statistički značajne razlike za brzinu trčanja na 5 m ( $F(2,28) = 3,49$ ,  $p = 0,044$ ) među grupama, no daljnjom je usporedbom jedinične vrijednosti promjena, EG1 unaprijedila brzinu na 5 metara 0,03 s, dok EG2 za 0,06 s te unatoč tomu što razlika nije statistički značajna, promjena itekako upućuje na unaprjeđenje startne reakcije i brzine, prvenstveno grupe u vodi.

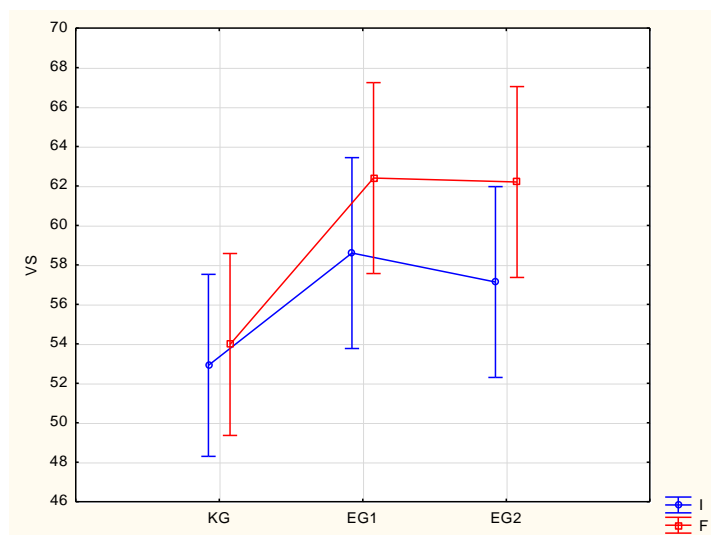




**Slika 19.** Grafički prikaz inicijalnog stanja i prvog finalnog stanja i statistički značajne razlike rezultata brzine na 10m ( $p < 0,05$ ).

Daljnjom analizom varijance brzine trčanja na 10 m ( $v_{10}$ ) ( $F(2,28) = 3,41$ ;  $p = 0,047$ ) i *post hoc* komparacijom, dobivena je statistički značajna razlika između KG i EG2, no EG1 se s unaprjeđenjem od 0,04 s nije statistički značajno razlikovala od EG2 koja je unaprijedila svoj rezultat za 0,09 s. Shiran i sur. (2008) u svom istraživanju također nisu našli razlike među eksperimentalnim grupama u testovima brzine, a slične podatke su dobili i ostali istraživači (Arazi i Asadi, 2011; Kamalkkannan i sur., 2011; Robinson i sur., 2004). Rimmer i Sleivert (2000) su analizirali utjecaj pliometrijskog treninga na sprint-izvedbu te dobili kako osmotjedni program statistički značajno može unaprijediti sprint-izvedbu. U tom se slučaju radilo o unaprjeđenju brzine na 10 m za 0,05 s, što je vrlo slična vrijednost dobivena kao i u istraživanju ovoga rada, a također je vidljivo unaprjeđenje i na 40 m. Sve to donosi zaključnu misao i pretpostavku kako pliometrijski trening utječe na skraćivanje duljine kontakta s podlogom i time utječe na sprint-brzinu. S obzirom na to da je eksperimentalna grupa u vodi (EG2) imala malo veću razliku u startnoj brzini i akceleraciji, može se pretpostaviti da je upravo zbog toga što je vrijeme kontakta s podlogom u vodi kod velikog broja skokova skraćena, kao npr. *drop jump* i kod skokova gdje se pokret izvodi isključivo iz stopala, što je većina poskoka i skokova u ovom istraživanju (poskoci iz stopala, jednonožni, u kretanju itd.). Upravo na to upućuju i rezultati dobiveni kod Ebbena i sur. (2010) gdje je postojala statistički značajna razlika za CMJ (eng. *counter movement jump*, skok iz čučnja s pripremom) gdje je kontakt s podlogom kraćeg trajanja na tlu, s obzirom na to da se u vodi pri spuštanju centra težišta nailazi na otpor vode koji produžuje cijelu izvedbu, dok je kod SLJ-a (eng. *single leg jump*, jednonožni poskok/skok) kraće vrijeme kontakta u vodi s obzirom na

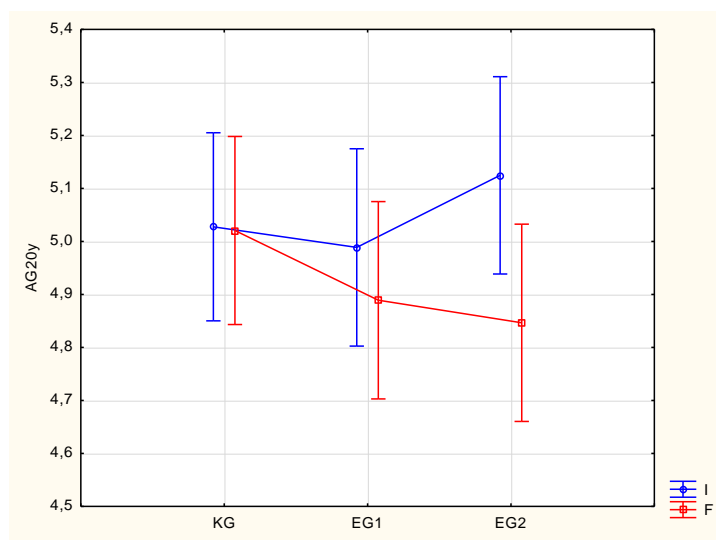
manje vrijednosti težine i nema spuštanja težišta pa također ni otpora vode u ekscentričnoj fazi izvedbe. Na temelju toga je moguće pretpostaviti kako upravo skokovi s kratkim SSC-om mogu doprinijeti unaprjeđenju startne brzine i akceleracije, a u kombinaciji s izvedbom u vodi mogu potencijalno utjecati na poboljšanje sprint-izvedbe na temelju kraćeg trajanja kontakta s podlogom.



**Slika 20.** Grafički prikaz inicijalnog stanja i prvog finalnog stanja te statistički značajne razlike rezultata u testu vertikalnog skoka ( $p < 0,05$ ).

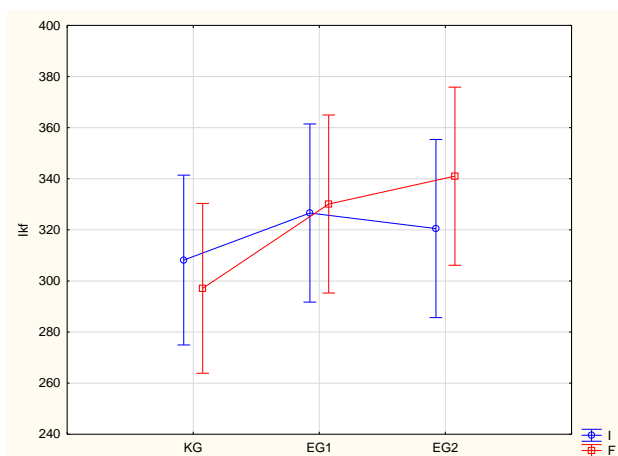
Znanstvenom je svijetu, a pogotovo u praksi, najinteresantniji podatak utjecaj skakačkog programa na visinu vertikalnog skoka, pa tako u ovom istraživanju postoji statistički značajna razlika među grupama ( $F(2,28) = 4,51$ ;  $p = 0,02$ ), kojoj najviše doprinosi razlika između EG2 i KG. Iako je EG2 malo više unaprijedio svoju izvedbu (4,60 cm), od izvedbe EG1 (3,80 cm), statistički značajnih razlika nije postojalo. Razlika nije pronađena niti u vertikalnom skoku u drugim istraživanjima među grupama na tlu i u vodi (Kamalkkannan i sur., 2011; Stemm i Jacobson, 2007; Robinson i sur., 2004; Ploeg i sur., 2010). Pretpostavka je kako skakački program, bez obzira na medij, odnosno rasterećenje i opterećenje doprinosi boljim skakačkim sposobnostima. Prema Vuku (2011) treninzi, odnosno skokovi s rasterećenjem imaju potencijal razvoja performansi vertikalnog skoka kod tjelesno aktivnih osoba te je upravo modifikacija tehnike pri rasterećenju odgovoran mehanizam povećanja visine skoka, a istu tvrdnju podupiru Cormie i suradnici. (2010) Oni napominju kako negativno opterećenje, odnosno rasterećenje povećava visinu vertikalnog skoka slično kao i treninzi s većim

opterećenjima, a postoji značajna razlika u tehnici istog skoka izvedenih u različitim uvjetima opterećenja. Sheppard i sur. (2010) naglašavaju kako trening s negativnim opterećenjem pomaže nožnim ekstenzorima u bržoj kontrakciji, a kronično izlaganje takvim operatorima utječe na poboljšanje skakačkih sposobnosti.



**Slika 21.** Grafički prikaz inicijalnog stanja i prvog finalnog stanja grupa i statistički značajne razlike rezultata u testu agilnosti ( $p < 0,05$ ).

Univarijantna analiza varijance varijable Ag20y, odnosno agilnosti ukazuje na statistički značajne razlike među grupama ( $F(2,28) = 4,85$ ;  $p = 0,02$ ), a daljnjom *post hoc* komparacijom dobivena je statistički značajna razlika između KG i EG2, no ne i među eksperimentalnim grupama. Shiran i sur. (2008) u svom istraživanju također nisu našli statistički značajne razlike među eksperimentalnim grupama na tlu i u vodi u testu agilnosti (4 x 9 m). Markovic i sur. (2007) su u svom istraživanju primijetili da sprint-trening bolje utječe na unaprjeđenje rezultata od pliometrijskog treninga, dok su Thomas i sur. (2009) u svojoj analizi dobili visoke vrijednosti veličine učinka pliometrijskog treninga na agilnost, a također su to potvrdili Miller i sur. (2006) koji su dobili značajne razlike između kontrolne i eksperimentalne grupe u više testova agilnosti. Kao i u ovom istraživanju, Arazi i sur. (2012) dobili su statistički značajne razlike između KG i EG2, no ne i između KG i EG1 te eksperimentalnih grupa, čime je potvrđeno unaprjeđenje agilnosti nakon provedenog skakačkog treninga u vodi. Na temelju nekolicine istraživanja, može se pretpostaviti kako oba oblika skakačkog treninga, na tlu i u vodi, utječu na poboljšanje agilnosti sa srednjim učinkom i srednje velikim učinkom, no programi ipak ne pokazuju statistički značajne razlike.



**Slika 22.** Grafički prikaz inicijalnog stanja i prvog finalnog stanja grupa i statistički značajne razlike rezultata impulsa sile u koncentričnoj fazi ( $p < 0,05$ ).

Impuls sile u koncentričnoj fazi skoka je jedini biomehanički pokazatelj kod kojeg postoje statistički značajne razlike među grupama ( $F(2,28) = 4,54$ ;  $p = 0,02$ ) te utvrđeno *post hoc* komparacijom, statistički značajna razlika između KG i EG2. Pretpostavka je kako upravo skakački trening u vodi, zbog rasterećenja u koncentričnoj fazi, utječe na promjenu obrasca kontrakcije, odnosno bržu kontrakciju s čime je neposredno povezan i impuls sile te ukoliko i ne dođe do povećanja mišićne snage nogu, promjena brzine utječe na veće vrijednosti impulsa zbog smanjenog vremena trajanja kontrakcije (Markovic i sur., 2011; Vuk, 2011). Umjerena veličina učinka kod varijable  $I_{kf}$  ukazuje na postojanje promjena, no nedovoljno velikih da bi ta razlika bila statistički značajna u usporedbi s grupom na tlu koja je minimalno unaprijedila svoj rezultat.

Unatoč očekivanjima da će se eksperimentalna grupa na tlu i u vodi statistički značajno razlikovati, rezultati to nisu pokazali. Gledajući prvenstveno na varijable izvedbe, odnosno motoričke varijable, ostala istraživanja također pokazuju slične rezultate na istim motoričkim, ali i drugim motoričkim varijablama (Arazi i sur., 2012; Kamalkkannan i sur., 2011; Robinson i sur., 2004; Shiran i sur., 2008; Stemm i Jacobson, 2007; i dr.). Može se reći da je na temelju razlika u rezultatima vidljivo da su obje grupe unaprijedile svoju motoričku izvedbu, no skakački trenažni programi, bez obzira na okolinske uvjete, mogu unaprijediti motoričku izvedbu kod fizički aktivnih osoba

**Tablica 18.** *Post hoc* komparacije aritmetičkih sredina varijabli razlika među grupama.

Tukey HSD test							
v10				VS			
	KG	EG1	EG2		KG	EG1	EG2
KG		0,786788	0,043516	KG		0,131462	0,018204
EG1	0,786788		0,177476	EG1	0,131462		0,643274
EG2	0,043516	0,177476		EG2	0,018204	0,643274	
Ag20y				I <sub>kf</sub>			
	KG	EG1	EG2		KG	EG1	EG2
KG		0,550573	0,012459	KG		0,310952	0,01466
EG1	0,550573		0,135546	EG1	0,310952		0,311886
EG2	0,012459	0,135546		EG2	0,01466	0,311886	

**Legenda:** **Tukey HSD test** – test višestruke usporedbe za otkrivanje statistički značajnih razlika, **KG** – kontrolna grupa, **EG1** – eksperimentalna grupa na tlu, **EG2** – eksperimentalna grupa u vodi, **v10m** – brzina na 10m, **VS** – vertikalni skok, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi, **I<sub>kf</sub>** – impuls sile u koncentričnoj fazi.

Daljnjom analizom varijance među eksperimentalnim grupama dodatno je utvrđeno kako se grupe statistički značajno ne razlikuju na temelju varijabli motoričkih sposobnosti i biomehaničkih karakteristika (Wilks  $\lambda = 0,040$ ,  $F(18,1) = 1,31$ ,  $p = 0,60$ ).

Može se reći da je na temelju razlike u rezultatima vidljivo da su obje grupe unaprijedile svoju motoričku izvedbu, no ne u svim varijablama. U tablici 19. prikazane su vrijednosti t-testa s Bonferroni korekcijom s obzirom da su usporedbe rađene za dvije eksperimentalne grupe tako da je statistički značajna vrijednost utjecaja programa bila za onu varijablu čija statistička pogreška bila manja od 0,025. Analizom vrijednosti vidljivo je da je skakački program bio parcijalno učinkovit i utjecao na statistički značajne razlike na varijablama v10 i v20, VS,  $P_{p\_CMJd}$ ,  $P_{p\_CMJn_d}$  kod eksperimentalne grupe na tlu, dok je program statistički značajno utjecao na varijable v5, v10 i v20, VS i Ag20y kod eksperimentalne grupe u vodi.

**Tablica 19.** Prikaz vrijednosti t-testa i utjecaja tretmana na eksperimentalne grupe.

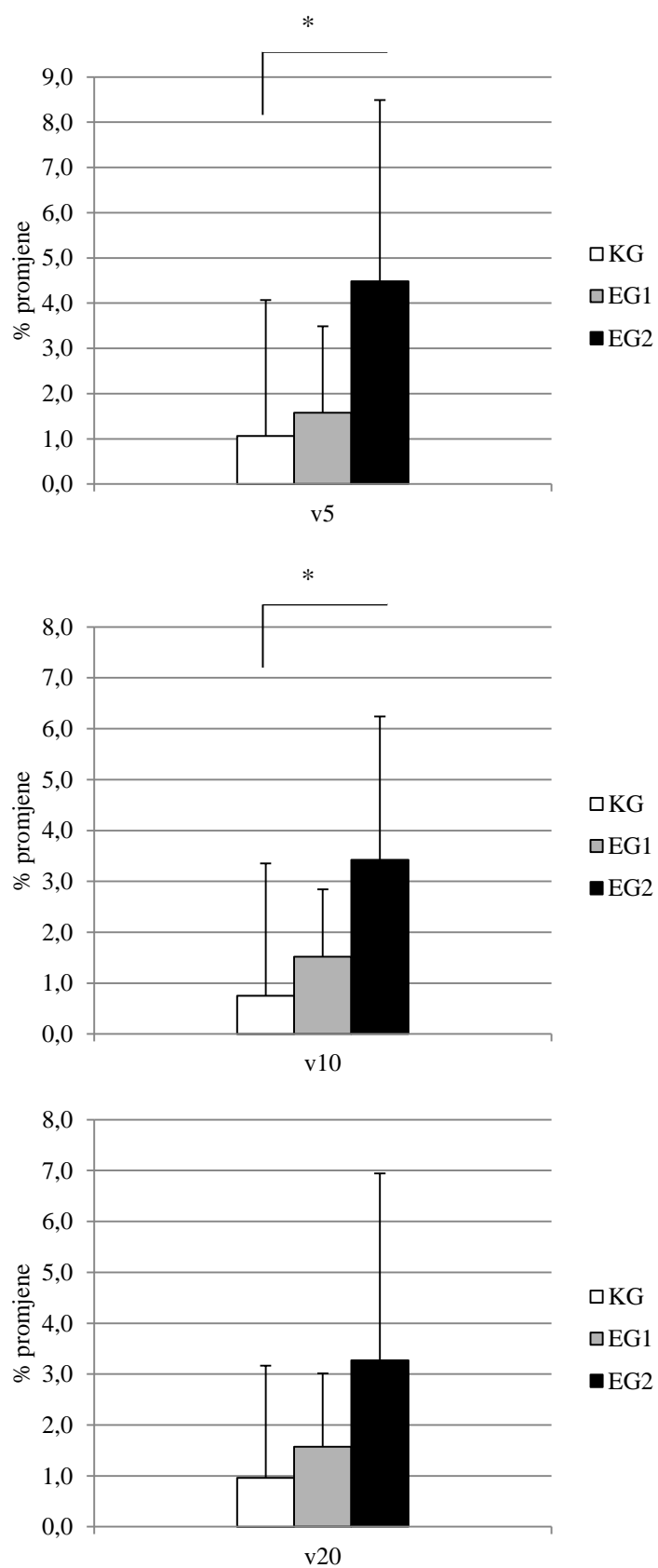
(T-test za zavisne uzorke,  $p < 0,025$ )

EG1 (n=10)	p<0,025		EG2 (n=10)	p<0,025	
	t-value	P		t-value	P
v5	2,56	0,030	v5	3,41	0,007
v10	3,62	0,005	v10	3,74	0,004
v20	3,44	0,007	v20	2,72	0,023
VS	-3,88	0,003	VS	-4,21	0,002
SDM	-2,45	0,038	SDM	-0,69	0,520
Ag20y	2,65	0,026	Ag20y	3,04	0,013

GRF_SJ	2,24	0,051	GRF_SJ	0,04	0,971
GRF_CMJ	1,20	0,257	GRF_CMJ	0,27	0,790
GRF_CMJ <sub>d</sub>	0,09	0,930	GRF_CMJ <sub>d</sub>	-0,51	0,621
GRF_CMJ <sub>nd</sub>	-0,29	0,778	GRF_CMJ <sub>nd</sub>	0,89	0,396
GRF_CJ <sub>s</sub>	1,58	0,147	GRF_CJ <sub>s</sub>	-0,36	0,729
P <sub>p</sub> _SJ	-0,84	0,419	P <sub>p</sub> _SJ	-0,36	0,723
P <sub>p</sub> _CMJ	-1,55	0,153	P <sub>p</sub> _CMJ	0,79	0,451
P <sub>p</sub> _CMJ <sub>d</sub>	-2,82	0,019	P <sub>p</sub> _CMJ <sub>d</sub>	0,31	0,760
P <sub>p</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	-2,81	0,020	P <sub>p</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	0,28	0,784
t_CJ <sub>s</sub>	-0,43	0,672	t_CJ <sub>s</sub>	2,55	0,031
t_CJ <sub>b</sub>	-0,81	0,441	t_CJ <sub>b</sub>	0,07	0,943
t <sub>ef</sub> _CMJ	1,39	0,198	t <sub>ef</sub> _CMJ	-0,53	0,609
t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>d</sub>	1,23	0,249	t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>d</sub>	1,23	0,249
t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	-0,66	0,521	t <sub>ef</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	1,30	0,202
t <sub>kf</sub> _CMJ	-0,06	0,955	t <sub>kf</sub> _CMJ	0,66	0,522
t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>d</sub>	-0,56	0,592	t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>d</sub>	-1,10	0,294
t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	-0,21	0,836	t <sub>kf</sub> _CMJ <sub>nd</sub>	0,07	0,945
I <sub>ef</sub>	0,69	0,505	I <sub>ef</sub>	-0,18	0,956
I <sub>kf</sub>	-0,40	0,701	I <sub>kf</sub>	-2,60	0,028

**Legenda:** **t-value** – vrijednost t-testa temeljem koje se testira statistički značajnost, **p** – razina statističke značajnosti, **v5m** – brzina na 5 m, **v10m** – brzina na 10 m, **v20m** – brzina na 20 m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi, **GRF\_SJ** – sile reakcije podloge za skok iz čučnja, **GRF\_CMJ** – sile reakcije podloge za skok s pripremom, **GRF\_CMJ<sub>d</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom dominantnom nogom, **GRF\_CMJ<sub>nd</sub>** – sile reakcije podloge za jednonožni skok s pripremom nedominantnom nogom, **GRF\_CJ<sub>s</sub>** – sile reakcije podloge za povezane skokove iz stopala, **P<sub>p</sub>\_SJ** – vršna snaga skoka iz čučnja, **P<sub>p</sub>\_CMJ** – vršna snaga skoka s pripremom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **P<sub>p</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – vršna snaga jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t\_CJ<sub>s</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz stopala, **t\_CJ<sub>b</sub>** – trajanje kontakta s podlogom kod povezanih skokova iz čučnja, **t<sub>ef</sub>\_CMJ** – trajanje ekscentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>ef</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje ekscentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ** – trajanje koncentrične faze kod skoka s pripremom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>d</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom dominantnom nogom, **t<sub>kf</sub>\_CMJ<sub>nd</sub>** – trajanje koncentrične faze kod jednonožnog skoka s pripremom nedominantnom nogom, **I<sub>ef</sub>** – impuls sile u ekscentričnoj fazi, **I<sub>kf</sub>** – impuls sile u koncentričnoj fazi.

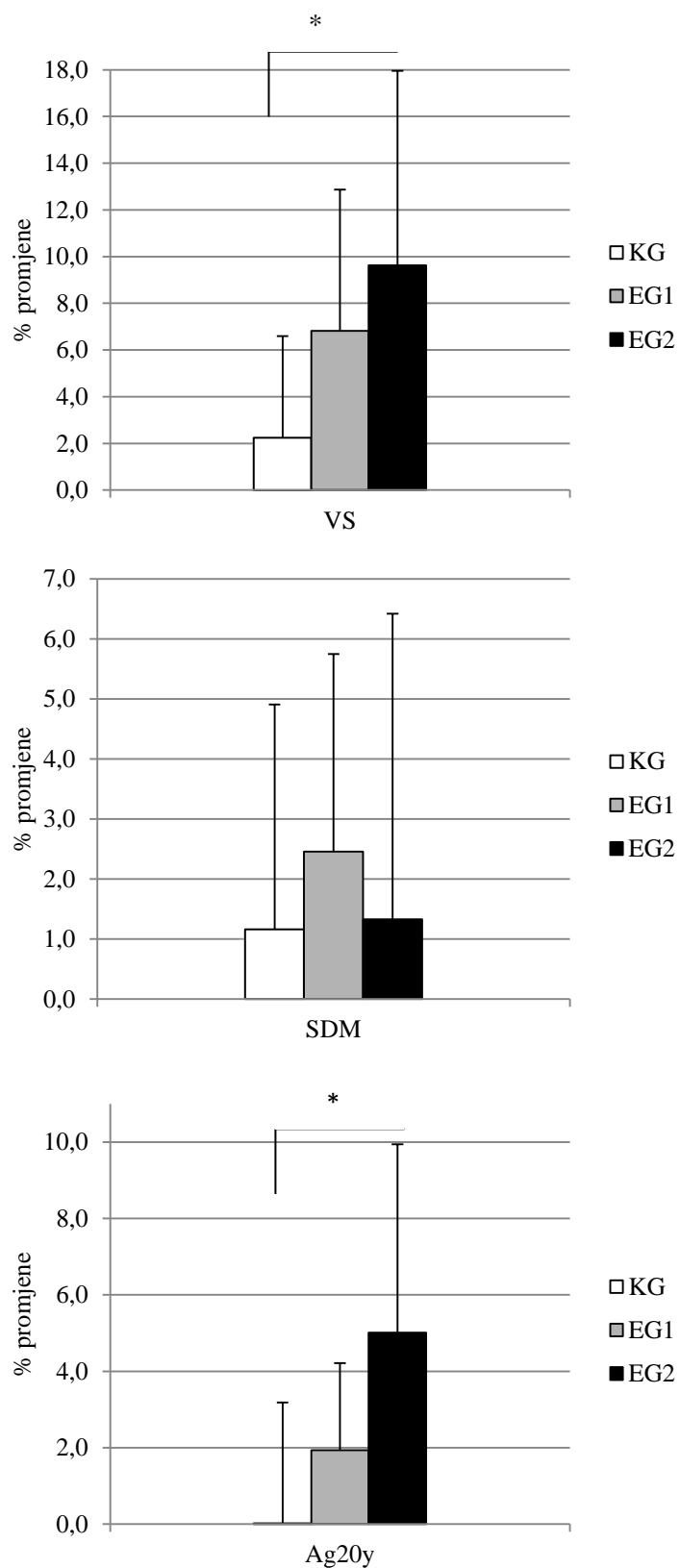
Analizom razlike između inicijalnog i prvog finalnog testiranja, iz grafičkih prikaza (slika 22 i 23) vidljive su promjene izražene u postotku. Testovi brzine na 5, 10 i 20 m, odnosno promjene prikazuju najveći utjecaj tretmana na eksperimentalnu grupu u vodi koja je unaprijedila svoj rezultat na 5, 10 i 20 m za 4,48 %, 3,42 % i 3,27 %, dok je grupa na tlu unaprijedila svoj rezultat za 1,58 %, 1,52 % i 1,57 %. Postotak promjene za kontrolnu grupu manji je od 1 %, osim za prvu varijablu čija promjena iznosi 1,06 %. Multivarijantnom analizom varijance utvrđeno je da se grupe ne razlikuju statistički značajno u 6 motoričkih varijabli na temelju promjene u postotku, no daljnjom *post hoc* analizom utvrđeno je da se grupe KG i EG2 statistički značajno razlikuju u varijabli v5 (**p = 0,04**), varijabli v10 (**p = 0,04**), VS (**p = 0,03**) i Ag20y (**p = 0,01**).



**Slika 23.** Usporedbe promjena dobivenih trenažnim programom u motoričkim varijablama od sve tri grupe. Linije grešaka predstavljaju standardnu devijaciju (\* $p < 0,05$ ).

Analizom preostalih varijabli motoričkih sposobnosti vidljiva je najveća promjena u eksplozivnoj snazi tipa skočnosti, odnosno u vertikalnom skoku koji najviše iznosi za EG2 (9,63 %), potom za EG1 (6,82%) i za KG (2,25 %) čije vrijednosti ukazuju na statistički značajne promjene među grupama ( $F = 3,59$ ,  $p = 0,04$ ). Od svih varijabli, jedinu veću promjenu ima eksperimentalna grupa na tlu od ostalih grupa za skok u dalj s mjesta, odnosno pri procjeni horizontalne skočnosti čiji postotak promjene iznosi 2,45 %, dok za kontrolnu i eksperimentalnu grupu na tlu ta vrijednost raste malo iznad 1 %. Za agilnost, postotak promjene je također statistički značajan ( $F = 3,59$ ,  $p = 0,04$ ), a najveći je kod EG2 (5,01 %), potom u EG1 (1,93 %), dok je kod KG-a ta promjena najmanja i ispod 1 % s obzirom da grupa nije provodila trenažni program.





**Slika 24.** Usporedbe promjena dobivenih trenažnim programom u motoričkim varijablama kod sve tri grupe. Linije grešaka predstavljaju standardnu devijaciju (\* $p < 0,05$ ).

Glavni nalaz ovog dijela eksperimenta vidljiv je u povećanju visine vertikalnog skoka koji se podudara s vrijednostima istraživanja Vuka (2011). Povećanje visine vertikalnog skoka je za grupu „rasterećenja“ 9 %, odnosno grupu koja je izvodila pliometrijski program sa 70 % tjelesne težine, dok je grupa „opterećenja“ koja je provodila program uz povećanje od 30 % tjelesne težine unaprijedila vertikalne skokove za 3,4 %. Tim je istraživanjem eksperimentalna grupa na tlu, koja nije imala dodatnih opterećenja, unaprijedila svoju visinu za 6,8 %, što je bliže prosječnoj vrijednosti dobivenoj u ostalim istraživanjima i testiranoj skokom s pripremom uz zamah ruku od 1,6 % do 15,8 % (Markovic, 2007). Postavlja se pitanje ima li zaista povećanje visine vertikalnog skoka značajan utjecaj i na sportsku izvedbu. Prema dosadašnjim istraživanjima, statistički značajno povećanje visine vertikalnog skoka povezano je sa značajnim povećanjem specifičnih skokova, odnosno skakačke izvedbe u specifičnim uvjetima (Bobbert i sur., 1996b; Markovic, 2007). S obzirom na to da je ovo istraživanje bilo provedeno na fizički aktivnim osobama, moguće je očekivati i manji postotak unaprjeđenja kod osoba aktivnih u pojedinom sportu, zbog pretpostavke kako skakačke programe provode na redovitoj bazi. Argus i sur. (2011) su također zaključili kako unaprjeđenju vertikalne skočnosti mogu više pridonijeti skakački trenažni programi uz opterećenje i rasterećenje (4,0 % i 6,7 %), nego provedba skakačkog programa s vlastitom tjelesnom težinom i te su rezultate dokazali na profesionalnim ragbijašima te ukazali kako se i kratkotrajnim tretmanom (4 tjedna) mogu postići bolji rezultati. Nadalje, uz promatranje visine vertikalnog skoka treba proučiti i status ostalih biomehaničkih varijabli koje imaju važan značaj i učinak na mehaničku funkciju mišića donjih ekstremiteta.

Iako ostale varijable motoričkih sposobnosti imaju promjene kod eksperimentalnih grupa u vodi i na tlu, njihova je promjena značajno manja od one vertikalnog skoka. Kao što je i prije spomenuto, kod eksperimentalne grupe u vodi moguće je pretpostaviti kako je najveća promjena od 4,5 % rezultat skraćenog kontakta s podlogom, koji se onda može i povezati sa sličnim postotkom promjene kod testa agilnosti (5,01 %). Sve dobivene promjene, naravno treba povezati s ostalim rezultatima, odnosno promjenama u biomehaničkim varijablama koje onda pobliže mogu objasniti razlike i sličnosti među eksperimentalnim grupama.

#### 5.4. Analiza razlika u biomehaničkim pokazateljima

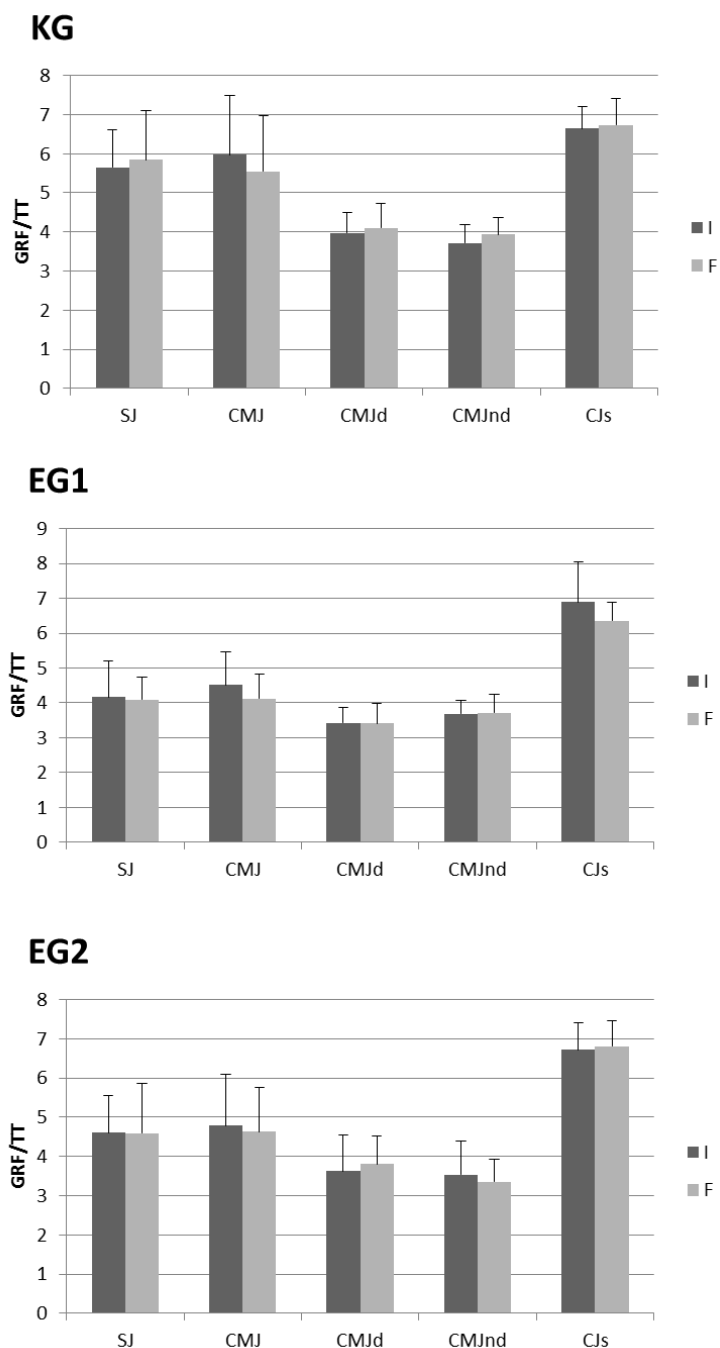
Kako bi indirektno proučili promjene na neuro-muskularnoj razini, na inicijalnom i prvom finalnom mjerenju, ispitanici su pristupili mjerenju mehaničkih izlaza donjih ekstremiteta, odnosno silama reakcije podloge pri doskoku (GRF) kod pet različitih skokova, vršnoj snazi u koncentričnoj fazi za četiri skoka ( $P_p$ ), trajanju kontakta s podlogom za dva skoka ( $t$ ), trajanju ekscentrične i koncentrične faze pri skoku s pripremom, skoku s pripremom na dominantnoj i nedominantnoj nozi ( $t_{ef}$  i  $t_{kf}$ ) te impulsu sile u ekscentričnoj i koncentričnoj fazi ( $I_{ef}$  i  $I_{kf}$ ).

Kako bi razlike bile statistički značajne, prihvatljiva vrijednost pogreške iznosila je  $p < 0,01666$  (Bonferronijeva korekcija) s obzirom na to da su rađena tri t-testa, a dobiveni rezultati ukazuju kako nije došlo do statistički značajnih promjena kod grupa. Slike 24, 25, 26 i 27 prikazuju vrijednosti svih grupa u inicijalnom mjerenju i prvom finalnom mjerenju na kojima su vidljive slične vrijednosti među grupama i među mjerenjima.

Dosadašnja istraživanja skakačkog treninga u vodi nisu istraživala biomehaničke pokazatelje testirane na tlu, već su obavljene analize i testiranja u vodi, dok je nekolicina istraživanja, poput istraživanja Robinsona i sur. (2004) istraživala veličinu momenta sile tijekom tretmana i nakon tretmana na tlu i u vodi te su dobivena statistički značajna poboljšanja, no ne i razlike među grupama. Miller i sur. (2007) mjerili su prosječnu snagu i prosječnu vertikalnu silu te uspoređivali kontrolne grupe, grupe u vodi do prsiju i grupe u vodi do struka, no statističkom analizom nisu pronađene razlike unutar grupa (*pre/post*) i među grupama.

Relativne vrijednosti sile reakcije podloge (GRF), kao jedan od najzanimljivijih podataka istraživanja, ukazuje na vrlo slične vrijednosti među grupama za pojedine skokove pa se tako najniže vrijednosti očituju kod jednonožnih skokova iz stopala dominantnom i nedominantnom nogom ( $CMJ_d$  i  $CMJ_{nd}$ ,  $3,41 - 4,01 \times TT$  (tjelesna težina)), dok se najviše vrijednosti očituju za skokove iz stopala (CJs,  $6,35-6,89 \times TT$ ). Kako ta varijabla u odnosu na spuštanje centra težišta tijela predstavlja krutost donjih ekstremiteta u ekscentričnoj fazi skoka, dobiveni rezultati upućuju da tim skakačkim programom, u oba eksperimentalna uvjeta, nije bilo utjecaja na promjenu krutosti. S jedne strane postoji pretpostavka da skakački trenažni program nije bio dovoljno dug kako bi se uočile promjene u biomehaničkim varijablama, odnosno postoji mogućnost da promjene koje se očituju u vertikalnom skoku

nisu rezultat promjene u krutosti, već rezultat rasta mišićne jakosti u najnižem položaju, odnosno prijelazu iz ekscentrične u koncentričnu fazu kako i Vuk (2011) naglašava u svom istraživanju.

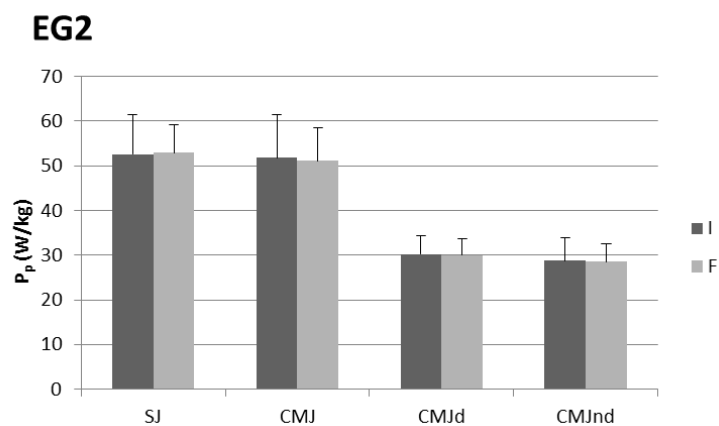
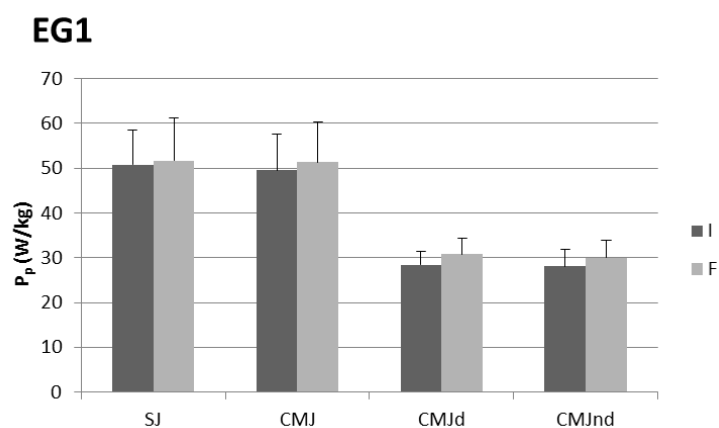
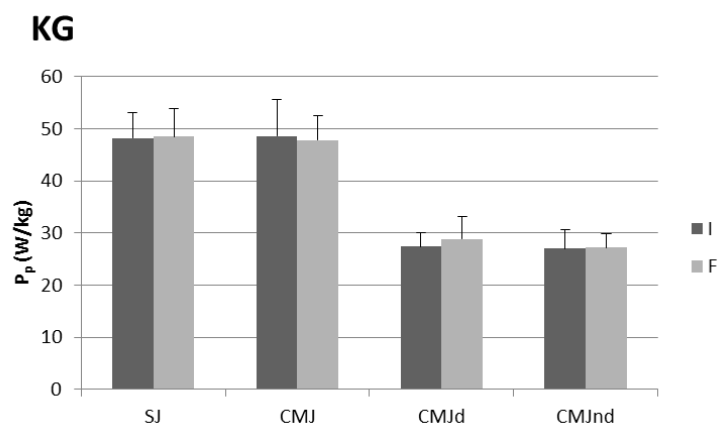


**Slika 25.** Grafički prikaz vrijednosti sila reakcija podloge u odnosu na tjelesnu težinu inicijalnog i prvog finalnog mjerenja po grupama.

Linije grešaka predstavljaju standardnu devijaciju (\* $p < 0,05$ ).

Usporedbom relativnih vrijednosti vršne snage u četiri različita skoka (skok iz čučnja, skok s pripremom, jednonožni skok s pripremom s dominantnom i nedominantnom nogom) vidljive su slične vrijednosti među grupama (slika 26). Također je ANOVOM i t-testom utvrđeno da ne postoji razlika među grupama, niti postoje promjene u grupi uzrokovane utjecajem trenažnog programa. Vršne se vrijednosti relativne snage tijekom skoka s pripremom kreću u intervalu 47,83 - 51,85 W/kg, dok se za jednonožni skok s pripremom vrijednosti kreću 27,01 - 30,79 W/kg i ne postoje statistički značajne razlike između dominantne i nedominantne noge.

Snaga u kompleksnim obrascima kretanja, poput skoka uvjetovana je mnogim čimbenicima poput veličine sile, brzine izvedbe, gradijenta sile, efikasnošću SSC-a (Argus i sur., 2011). S obzirom na to da nisu uočene promjene niti u silama reakcije podloge, postavlja se pitanje može li se uopće osmotjednim skakačkim programom utjecati na SSC. U svom istraživanju Markovic i sur. (2011) ukazali su kako se niti u njihovom programu grupe u sedam tjedana nisu postigle statistički značajne promjene, poput povećanja vršne apsolutne snage u koncentričnoj fazi skoka, osim grupe rasterećenja u uvjetima testiranja s rasterećenjem TT. Vrijednosti prosječne relativne snage također nisu bile statistički značajne niti u drugom istraživanju kod grupe koja je deset tjedana provodila pliometrijski program (Markovic i sur., 2007). Cormie i sur. (2007), u skladu s ovim istraživanjem, ali i ostalim istraživanjima, ukazuje kako za povećanje visine vertikalnog skoka ne mora biti odgovorno ni povećanje sile i snage već odgovorna može biti promjena sile u vremenu (gradijent sile i impuls sile) te da za promjenu snage može više utjecati kombinirani trening jakosti i snage, nego samo trening snage koji je bio uključen u ovo istraživanje.



**Slika 26.** Grafički prikaz vršnih vrijednosti snage u koncentričnoj fazi skoka inicijalnog mjerenja i prvog finalnog mjerenja po grupama. Linije grešaka predstavljaju standardnu devijaciju (\* $p < 0,05$ ).

Vrijeme kontakta s podlogom za dvije vrste skokova (povezani skokovi iz stopala,  $CJ_s$  i povezani skokovi iz čučnja,  $CJ_b$ ) ukazuju kako niti jedna eksperimentalna grupa pod utjecajem osmotjednog skakačkog programa nije statistički značajno promijenila vrijeme kontakta. Tijekom povezanih skokova iz stopala, vrijeme se kontakta kreće od 176,36 ms do 178,5 ms, što prema pretpostavkama angažira više mehanizama SSC-a od povezanih skokova iz čučnja s prosječnim vremenom kontakta od 549,4 do 608,27 ms. Duže je trajanje kontakta kod povezanih skokova iz čučnja i logično s obzirom na veću fleksiju u koljenom zglobu, zbog veće amortizacije tijekom doskoka, a s time su manje sile reakcije podloge. Makaruk i sur. (2014) predlažu kako je s perspektive prevencije ozljeda poželjno koristiti mekanije doskoke, one čije je vrijeme kontakta dulje i sile reakcije podloge su manje, no s aspekta bolje atletske izvedbe treba naći kompromis između krutih i mekanih doskoka, odnosno doskoka s kraćim trajanjem kontakta i doskoka s dužim trajanjem kontakta, jer se pri dugim vremenom kontakta smanjuje doprinos SSC-a, odnosno smanjuje se pohranjivanje elastične energije i njeno iskorištavanje.

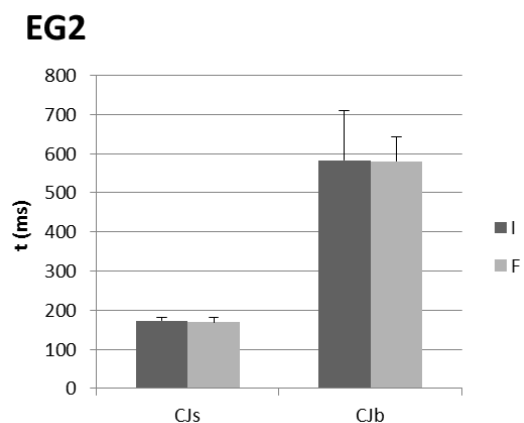
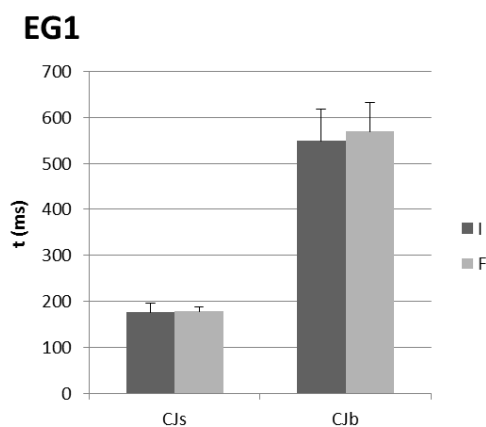
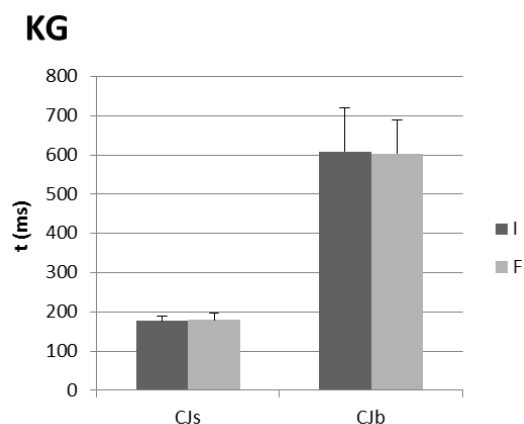
Pretpostavka je da je u većini skokova koje je provodila eksperimentalna grupa u vodi, vrijeme trajanja kontakta s podlogom bilo kraće, no bez obzira na to tijekom testiranja nije smanjeno trajanje kontakta niti za jedne od dvaju ponuđenih skokova.

Za razliku od ovog istraživanja, Markovic i sur. (2007) dokazali su kako je pliometrijska grupa u njihovom istraživanju nakon 10 tjedan unaprijedila skakačku izvedbu *drop jump-a* i to upravo na temelju statistički značajnog smanjenja vremena kontakta s podlogom za 13,7 %. U drugom istraživanju, mjerenjem povezanih skokova iz stopala, Markovic (2004) je također dobio skraćeno vrijeme kontakta za povezane skokove iz stopala (218 ms na 205 ms) i to za istu populaciju ispitanika kao i u ovom istraživanju nakon provedenog desetotjednog pliometrijskog programa s naglaskom na to da se radilo o bilateralnim skokovima.

Kao jedno od mogućih objašnjenja je duže vremensko trajanje tretmana, korištenje isključivo bilateralnih trenažnih operatora u pliometrijskom programu, dok je program ovog istraživanja bio u velikom postotku unilateralnog karaktera, a vrijeme kontakta se mjerilo isključivo testovima bilateralnog karaktera.

U istraživanju Triplett i sur. (2009) mjereno je vrijeme kontakta, odnosno preciznije *push-off time*, tijekom jednonožnih skokova u vodi i na tlu i istraživanjem je dobivena statistički značajna razlika, odnosno kraće trajanje kontakta u vodi (0,41 s) od trajanja na tlu (0,46 s) te se može postaviti pitanje može li se zapravo smanjenim trajanjem kontakta u vodi utjecati i na

skraćeno trajanje kontakta na tlu. Ovim istraživanjem nisu dobivene razlike statistički značajne razlike. I pod pretpostavkom da je trajanje kontakta u vodi kraće, vrijeme kontakta na tlu ostalo je nepromijenjeno. Vrlo je važno naglasiti kako je testiranje povezanih skokva iz stopala zahtjevno s obzirom na održavanje ravnoteže u zraku, no unatoč osmotjednom programu eksperimentalna grupa na tlu, također nije statistički značajno promijenila rezultate u povezanim skokovima iz stopala, no niti iz čučnja.



**Slika 27.** Grafički prikaz trajanja kontakta s podlogom u dvije različite vrste skoka. Linije grešaka predstavljaju standardnu devijaciju (\* $p < 0,05$ ).

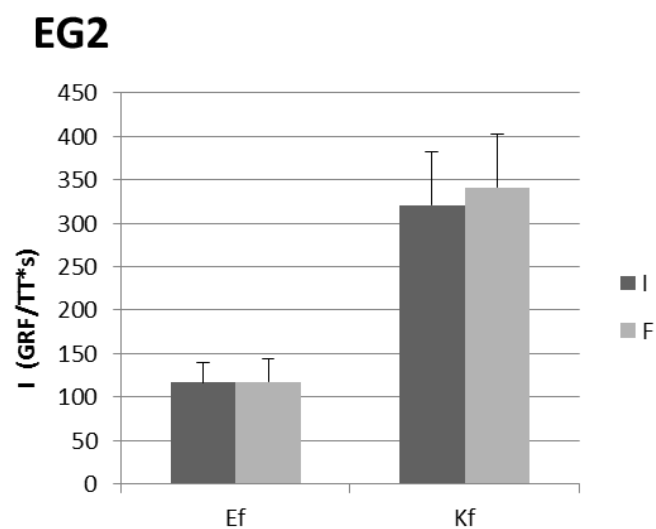
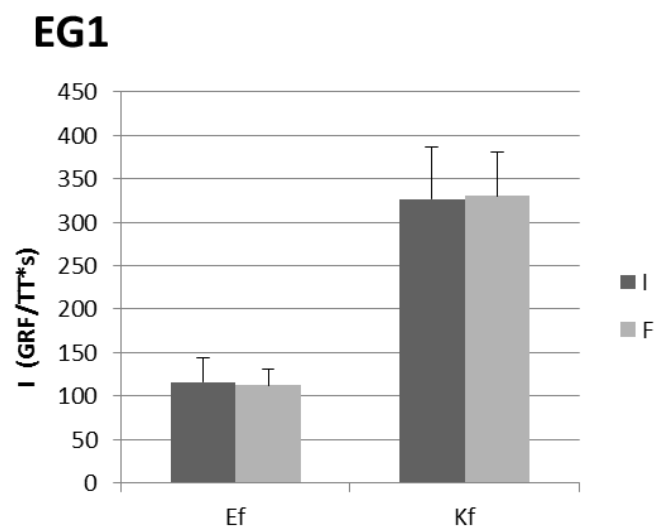
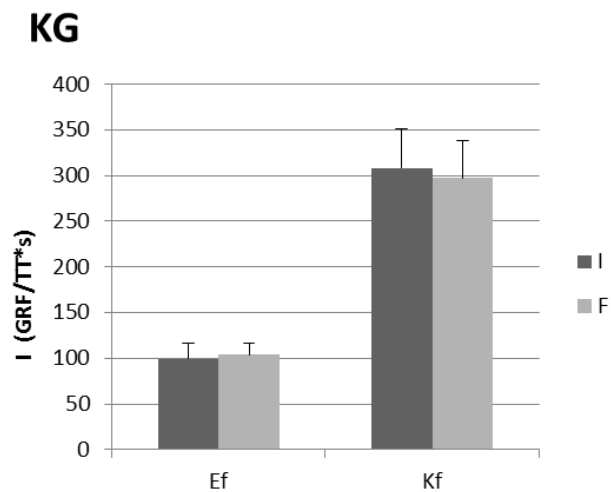


Impuls sile u ekscentričnoj i koncentričnoj fazi (slika 28) pripada mehaničkim varijablama koje najbolje opisuju funkciju donjih ekstremiteta, odnosno izvedbu brzih pokreta poput skoka, s obzirom da uz vrijednosti sile reakcija podloge, njihov izračun ovisi i o duljini trajanja pojedinih faza skokova (Cordova i Armstrong, 1996; Markovic i Jaric, 2007). Uz impuls sile, kao vrlo bitan determinant skakačke izvedbe je i gradijent sile, odnosno brzina postizanja maksimalnih vrijednosti sile reakcije podloge, prvenstveno u koncentričnoj fazi skoka.

U ovom istraživanju, vrijednosti su promjene impulsa sile ostale statistički nepromijenjene, odnosno nisu pokazale značajne rezultate promjene niti za ekscentričnu fazu niti za koncentričnu fazu bilo koje kontrolne i eksperimentalne grupe. Unatoč tomu što t-testom nisu utvrđene statistički značajne promjene kod svake grupe, analizom varijance utvrđene su statistički značajne razlike među grupama ( $F(2,28) = 4,54$ ;  $p = 0,02$ ) za impuls sile tijekom koncentrične faze skoka s pripremom, a *post-hoc* analizom utvrđeno je kako se eksperimentalna grupa u vodi statistički značajno razlikovala od kontrolne grupe na temelju razlike u varijabli između prvog finalnog testiranja i inicijalnog testiranja.

Cormie i sur. (2009) su pokazali kako pod utjecajem dvanaestotjednog programa balističkog treninga skokova nije došlo do promjena u vršnoj vrijednosti sile reakcije podloge u koncentričnoj fazi skoka s pripremom, već je promijenjen oblik krivulje sile-vrijeme, odnosno došlo je do povećanja gradijenta sile i površine ispod krivulje (impulsa). Upravo slično objašnjenje može se pretpostaviti i za vrijednosti dobivene kod eksperimentalnih grupa, gdje postoji mogućnost da je njihovo značajno povećanje visine vertikalnog skoka rezultat pomaka oblika krivulje sile-vrijeme i sile-snaga.

Kao što je ranije navedeno, impuls sile tijekom koncentrične faze i gradijent sile predstavljaju mehaničke varijable koje imaju mogućnost pobliže objasniti promjene nastale u rezultatima, odnosno poboljšanje izvedbe pa čak i u onim situacijama kada u vršnim vrijednostima sile reakcija podloge i snage nema razlike između inicijalnog testiranja i finalnog testiranja.



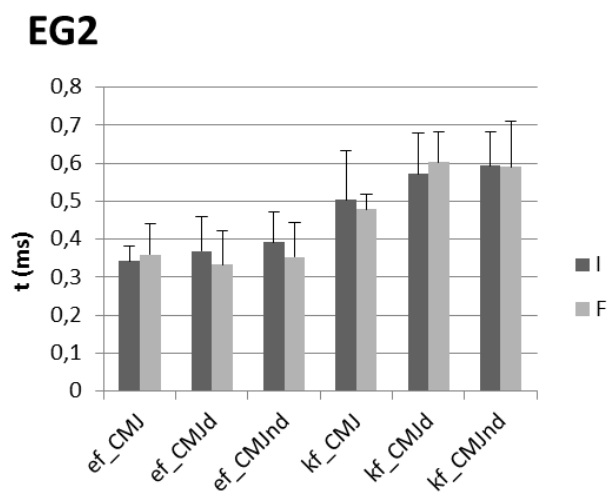
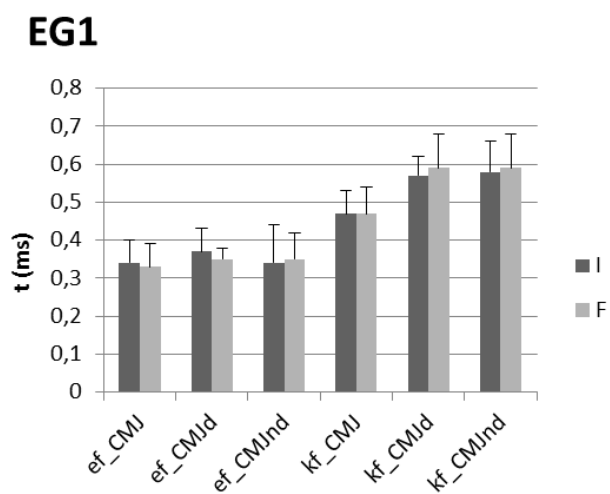
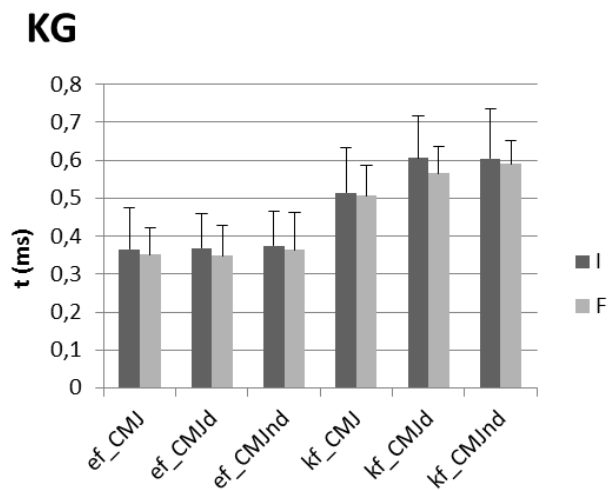
**Slika 28.** Grafički prikaz vrijednosti impulsa sile u ekscentričnoj fazi i koncentričnoj fazi skoka.

Linije grešaka predstavljaju standardnu devijaciju (\* $p < 0,05$ ).

Vrijednosti trajanje ekscentrične i koncentrične faze jednonožnih i sunožnih skokova s pripremom (slika 29) nisu pokazale statistički značajne promjene kod svih grupa pod utjecajem tretmana. Važno je napomenuti da je tijekom testiranja jednonožnih skokova vidljiva razlika u koncentričnoj fazi skoka koja je dužeg trajanja od sunožnog skoka s pripremom, no kod jednonožnih se skokova dodatno opterećenje nalazi u održavanju ravnoteže tijekom izvedbe. Također je važno napomenuti kako tehnika izvedbe nije jednaka, iako je prosječno trajanje ekscentrične faze kod skokova jednako, no kod jednonožnih je skokova spuštanje težišta manje nego kod sunožnog skoka s pripremom. Preporuka raznih autora je provedba testiranja jednonožnih skokova i praćenje parametara sila i snage u vremenu pojedinih faza skoka kako bi se utvrdile moguće asimetrije među dominantnom i nedominantnom nogom (Benjanuvatra i sur., 2013; Cordova i Armstrong, 1996). Parametar koji bi pridonio boljem razumijevanju izvedbe skoka u pojedinim fazama je praćenje sila reakcija podloge tijekom koncentrične faze pa tako i u ekscentričnoj fazi skoka (spuštanje u čučanj). Iako njegova analiza nije napravljena ovim istraživanjem, dobile bi se informacije je li u ekscentričnoj fazi došlo do povećanja sila jer je pretpostavka ukoliko su veće sile u ekscentričnoj fazi, moguće je za očekivati i veće vrijednosti u koncentričnoj fazi, ukoliko se radi o izvedbi bez vanjskih opterećenja. Povećanje sila reakcije u ekscentričnoj fazi skoka dominantno je generirano boljom akceleracijom tjelesne mase, što naposljetku može rezultirati većom visinom skoka (Cormie i sur., 2010).

S obzirom na to da u ovom istraživanju nije bilo promjena niti u trajanju ekscentrične faze, niti u vrijednosti impulsa sile u ekscentričnoj fazi, moguće je zaključiti da kod skoka s pripremom nije došlo do promjena u silama reakcije podloge tijekom ekscentrične faze.

Usporedbom vrijednosti dominantne i nedominantne noge, kod fizički aktivnih ispitanika, nije postojala statistički značajna razlika, što je vidljivo iz grafičkih prikaza (slika 29). Iako nisu postojale statistički značajne promjene, eksperimentalna je grupa u vodi skratila trajanje ekscentrične faze jednonožnih skokova, no bez dodatnih informacija o razlici spuštanja težišta tijela, teško je zaključiti je li to posljedica brže izvedbe ekscentrične faze, s obzirom na to da je u vodi taj segment zbog sila uzgona i manjeg spuštanja centra težišta tijela kod jednonožnih skokova bio skraćen, ili je rezultat manjeg spuštanja težišta tijela pa s time je i skraćeno trajanje ekscentrične faze.



**Slika 29.** Grafički prikaz trajanja ekscentrične i koncentrične faze skoka unilateralne i bilateralne izvedbe inicijalnog mjerenja i prvog finalnog mjerenja po grupama. Linije grešaka predstavljaju standardnu devijaciju (\* $p < 0,05$ ).

Ukoliko se analiziraju dosadašnja saznanja o biomehaničkim parametrima tijekom izvedbe skokova u vodi, primijetiti će se statistički značajne redukcije u vrijednostima tijekom raznih skokova za maksimalne vrijednosti sila reakcija podloge (33 – 54 %), impuls sile za doskok (19 – 54 %) s najvećom razlikom kod jednonožnih skokova i gradijent sile (33 – 62 %) (Donoghue i sur., 2011). Triplett i sur. (2009) su dokazali statistički više vrijednosti za vršnu koncentričnu silu (44,9 %) i gradijent sile u koncentričnoj fazi (30,4 %) te upravo gradijent sile prema autorima ima najvažniju ulogu u poboljšanju skakačke izvedbe, također je i statistički značajna manja vrijednost za vršnu silu doskoka (44,8 %) i gradijent sile u ekscentričnoj fazi (80 %) tijekom izvedbe jednonožnih skokova u vodi. Upravo su visoke vrijednosti gradijenta sile u ekscentričnoj fazi u velikom postotku za pojavu raznih oštećenja u lokomotornom sustavu donjih ekstremiteta. Ebben i sur. (2010) također su dokazali statistički značajno manje vrijednosti za vršnu silu doskoka u vodi, za razliku od skokova na tvrdu (tlo) i meku (strunjača) podlogu. Vrijeme kontakta pri izvedbi jednonožnih skokova u vodi je kraće (Triplett i sur., 2009), no analiza rezultata ovog istraživanja je ukazala kako je nakon provedenog tretmana vrijeme kontakta za povezane skokove iz stopala i iz čučnja ostalo statistički nepromijenjeno.

U uvjetima mjerenja sila reakcije podloge na tlu, grupa rasterećenja od 30 % tjelesne težine pokazala je 36,4 % manje vrijednosti pri doskoku od grupe koja je izvodila skok s pripremom bez ikakvog rasterećenja i opterećenja, dok je gradijent sile u ekcentričnoj fazi (fazi doskoka) bio 46,4 % manji. Nakon provedenog kratkog trenažnog programa usmjerenog na razvoj eksplozivnih sposobnosti, grupa rasterećenja je unaprijedila 6,7 % visinu vertikalnog skoka i to statistički značajno od kontrolne grupe bez rasterećenja i opterećenja.

Markovic i Jaric (2007) naglašavaju da dugotrajno izlaganje određenim opterećenjima, manjim ili većim od tjelesne težine, rezultiraju pomakom optimalnog opterećenja dobivanja maksimalnih vrijednosti mehaničkih izlaza, biomehaničkih varijabli, upravo prema manjim ili većim opterećenjima, ovisno o uvjetima provedbe tretmana.

Nadalje, daljnjim istraživanje slične tematike Vuk i sur. (2012) dodatno su naglasili, kako unatoč dosadašnjem mišljenju da je vlastita tjelesna težina optimalno opterećenje za proizvodnju maksimalnih mehaničkih vrijednosti sile i snage donjih ekstremiteta, upravo opterećenje jednako težini i inerciji donjih ekstremiteta, a ne cijelog tijela, predstavlja optimalno opterećenje. Naravno da ova pretpostavka mora biti dodatno istražena, no

promjene vrijednosti motoričkih varijabli upućuju na tu mogućnost, iako su promjene statistički značajne u grupi, one nisu bile statističke značajne kod eksperimentalne grupe na tlu.

Ovim istraživanjem pokušalo se utvrditi hoće li gore navedeni čimbenici imati utjecaja da se određene biomehaničke varijable, pod utjecajem tretmana na vodi promjene pri testiranju na tlu. No unatoč razlikama pri izvedbi u vodi, tijekom testiranja na tlu, eksperimentalne grupe nisu pokazale promjenu u biomehaničkim varijablama nakon osmotjednog skakačkog tretmana.

U skladu sa svim saznanjima i dobivenim rezultatima ovog istraživanja moguće je pretpostaviti da se pri izvedbi istih kretnih obrazaca na tlu i u vodi ne provode isti operatori, no unatoč tim razlikama, izvedba skakačkog programa nije utjecala na promjene između eksperimentalnih grupa, dok se jedino impuls sile u koncentričnoj fazi skoka statistički značajano razlikovao kod eksperimentalne grupe u vodi.

Markovic i Mikulic (2010) u svojoj preglednoj studiji govore kako unatoč unaprjeđenju motoričke izvedbe nakon skakačkog tretmana nije moguće u potpunosti ustanoviti mehanizme unaprjeđenja, no pretpostavka je da se radi o mišićnim specifičnostima kao što je povećana živčana aktivacija agonista, promjene u mišićnoj aktivaciji te promjene u mehaničkim karakteristikama mišićno-tetivnih jedinica, mišićnih vlakana i njihovoj veličini i arhitekturi. S druge strane, Cormie i sur. (2010) navodi kako je optimizacija SSC-funkcije, odnosno bolja utilizacija u ekscentričnoj fazi prenosi se na bolju izvedbu u koncentričnoj fazi i rezultira boljom motoričkom izvedbom, prvenstveno eksplozivne snage tipa vertikalne skočnosti.

## 5.5. Analiza razlika u biokemijskim pokazateljima mišićnog oštećenja

Ispitanici su eksperimentalnih grupa (EG1 i EG2) tijekom drugog i šestog tjedna pristupili vađenju krvi i analizi enzima u serumu krvi čime se utvrdilo stanje prije jedne trenažne jedinice pliometrijskog karaktera i 24 sata poslije nje. Osnovni deskriptivni pokazatelji (tablice 17 i 18) u obje eksperimentalne grupe prikazuju visoke vrijednosti standardne devijacije biokemijskog pokazatelja kreatin kinaze (CK). Iako je distribucija normalna prema Kolomogorov-Smirnovljevom testu, visoka vrijednost standardne devijacije ukazuje na veliku raspršenost i varijabilnost biokemijskog pokazatelja CK. Prema Hartmannu i Mesteru (2000), sportaši koji postižu kronično niske vrijednost kreatin kinaze imaju manju varijabilnost biokemijskog pokazatelja, dok sportaši koji pokazuju visoke vrijednosti kreatin kinaze pokazuju veću varijabilnost. Distribucija podataka dobivenih ovim istraživanjem je heterogena na temelju vrijednosti koeficijenta spljoštenosti ( $a_4$ , *kurtosis*) i vrijednosti koje su manje od 3, osim za CK prvog mjerenja i LDH drugog mjerenja biokemijskih pokazatelja u eksperimentalnoj grupi u vodi (tablica 21). Koeficijent asimetrije ( $a_3$ , *skewness*), čije se vrijednosti kreću oko nule ukazuje na simetričnu distribuciju, iako su pojedine vrijednosti pozitivno asimetrično distribuirane, postCK drugog mjerenja kod eksperimentalne grupe na tlu (EG1) i LDH drugog mjerenja kod eksperimentalne grupe u vodi (EG2).

**Tablica 20.** Osnovni deskriptivni parametri prvog i drugog mjerenja biokemijskih pokazatelja eksperimentalne grupe na tlu.

EG1 (n=10)	1. mjerenje biokemijskih pokazatelja			2. mjerenje biokemijskih pokazatelja		
	$\bar{x} \pm s$	<i>skewness</i>	<i>kurtosis</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>skewness</i>	<i>kurtosis</i>
CK	277,33 ± 101,93	0,86	-0,49	250,17 ± 64,80	0,15	-0,51
LDH	183,10 ± 36,02	-0,55	0,27	173,70 ± 24,30	0,14	-2,18
postCK	551,74 ± 283,50	1,40	1,57	515,59 ± 327,64	2,23	5,41
postLDH	177,10 ± 28,04	0,05	-0,31	169,70 ± 21,61	1,05	1,63

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $s$  – standardna devijacija, *skewness* ( $a_3$ ) – koeficijent asimetričnosti distribucije, *kurtosis* ( $a_4$ ) – koeficijent spljoštenosti, odnosno izduženosti distribucije rezultata, **CK** – kreatin kinaza, **LDH** – laktat dehidrogenaza, **postCK** – kreatin kinaza nakon treninga, **postLDH** – laktat dehidrogenaza nakon treninga

**Tablica 21.** Osnovni deskriptivni parametri prvog i drugog mjerenja biokemijskih pokazatelja eksperimentalne grupe u vodi.

EG2 (n=10)	1. mjerenje biokemijskih pokazatelja			2. mjerenje biokemijskih pokazatelja		
	$\bar{x} \pm s$	<i>skewness</i>	<i>kurtosis</i>	$\bar{x} \pm s$	<i>skewness</i>	<i>kurtosis</i>
CK	313,42 ± 255,55	2,59	7,19	226,51 ± 101,03	0,01	-0,88
LDH	172,30 ± 19,36	-0,41	-0,38	163,10 ± 24,49	2,11	5,48
postCK	516,59 ± 402,90	0,83	-1,29	310,73 ± 136,82	1,54	2,20
postLDH	177,80 ± 26,19	-0,75	0,26	166,70 ± 20,75	1,22	3,17

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina, *s* – standardna devijacija, **skewness (a3)** – koeficijent asimetričnosti distribucije, **kurtosis (a4)** – koeficijent spljoštenosti, odnosno izduženosti distribucije rezultata, **CK** – kreatin kinaza, **LDH** – laktat dehidrogenaza, **postCK** – kreatin kinaza nakon treninga, **postLDH** – laktat dehidrogenaza nakon treninga

Među eksperimentalnim grupama nije utvrđena statistički značajna razlika niti u jednom od biokemijskih pokazatelja, kreatin kinaze i laktat dehidrogenaze (CK i LDH) prije trenažne jedinice i poslije trenažne jedinice (tablica 22). Iako su obje grupe imale povećanje u aktivnosti biokemijskog pokazatelja kreatin kinaze, jedino je kod grupe na tlu (EG1) on bio statistički značajno povećan u oba testiranja ukazujući na mišićna oštećenja (1. mjerenje: -2,88,  $p < 0,009$ ; 2. mjerenje: -2,51,  $p < 0,021$ ), s obzirom na to da povećanje vrijednosti nije moguće, osim u slučaju puknuća stanične membrane i povećane propusnosti membrane gdje tada stanični enzim kreatin kinaze procuri u krv. Razlike su u CK-u i postCK-u ostale statistički značajne i u slučaju Bonfferonijeve korekcije i pri statističkoj pogrešci od 0,025 jer su dvije grupe bile testirane t-testom.

Lee i suradnici (2002) su utvrdili također statistički značajne vrijednosti razlike u kreatin kinazi, iako se u ovom slučaju radilo o vrijednostima u plazmi, pri ekscentričnim vježbama s povišenim vrijednostima 48 h i najvišim vrijednostima 72 h nakon treninga. Nepostojanje razlika među grupama na tlu i u vodi može se usporediti s istraživanjem Jamurtasa i sur. (2000) koji su nepostojanje razlika među grupama dokazali na temelju istraživanja utjecaja pojedinih faza tijekom skakačkog treninga na vrijednosti kreatin kinaze, odnosno nakon samo ekscentrične, samo koncentrične i ekscentrično-koncentrične izvedbe vježbi.

Povećanje aktivnosti kreatin kinaze u vrijednosti od 198,74 % i 206,09 % za prvo mjerenje i drugo mjerenje biokemijskih pokazatelja ukazuje na to kako veliko ekscentrično i koncentrično opterećenje, odnosno skakački tretman uzrokuje mišićno oštećenje te da u metaboličkoj funkciji mišića nije došlo do adaptivnih promjena jer je i u drugom mjerenju kreatin kinaza pokazala povećanje od 7,35 %. Grupa je u vodi (EG2) imala 164,82 %



povećanje kreatin kinaze nakon iste trenažne jedinice, odnosno prvog mjerenja i 137,18 % povećanje nakon drugog mjerenja biokemijskih pokazatelja ukazujući manje vrijednosti i time manje mišićno oštećenje u vodi pri skakačkom tretmanu, potencijalno kao rezultat manjeg ekscentričnog opterećenja pri izvedbi skokova i bolje tehnike. Također je moguće pretpostaviti da se grupa u vodi brže adaptirala na opterećenje, koje je s obzirom na rasterećenje bilo manje te je posljedično manji porast aktivnosti kreatin kinaze u drugom mjerenju biokemijskih pokazatelja.

Vrlo slične vrijednosti aktivnosti kreatin kinaze dokazali su Shiran i sur. (2008) na hrvačima koji su provodili pliometrijske vježbe na tlu i u vodi. Grupi u vodi kreatin kinaza je porasla u vrijednosti od 126 %, dok grupi na tlu vrijednost kreatin kinaze je porasla 180 % i time statistički značajno pridonijela razlici u grupi na tlu. Vrijednosti kreatin kinaze nakon *drop jump*-a u istraživanju Miyama i Nosaka (2004) ukazuju kako podloga ima utjecaj na mišićna oštećenja, gdje je grupa koja je provodila tretman na pijesku ipak imala statistički značajno manje vrijednosti od grupe na tlu nakon provedbe tretmana.

Za razliku od kreatin kinaze, enzim laktat dehidrogenaza, također kao marker mišićnog oštećenja, nije niti u jednoj od eksperimentalnih grupa značajno porastao, niti se u bilo kojem mjerenju statistički značajno razlikovao među grupama. U slučaju grupe na tlu, laktat dehidrogenaza je u oba mjerenja 24 sata nakon treninga imao neznatno niže vrijednosti. S istom situacijom susreli su se Shiran i sur. (2008), što su pridodali čimbenicima poput dopunskog treninga, primarne izdržljivosti i niskog intenziteta kojeg su provodili hrvači te prehrani i fiziološkim fluktuacijama koje također nisu kontrolirali tijekom tretmana, odnosno treninga. Ispitanici eksperimentalnih grupa provodili su aktivnosti u sklopu nastave, no provedena nastava nije bila kontrolirana te nije utvrđen njen karakter, također tijekom provedbe programa nije provedena nikakva analiza prehrane niti navedene upute o energetske i nutritivnom unosu hrane. S obzirom na to da obje grupe nisu varirale statistički značajno, moguće je zaključiti da aktivnost laktat dehidrogenaze postiže svoje maksimalne vrijednosti od 48 do 72 sata nakon treninga.

Veliki broj studija koje prate razinu mišićnih oštećenja nakon pojedinih oblika treninga upravo mjere biokemijske pokazatelje u dužem vremenskom razdoblju od 18 h do 5 pa čak i 7 dana tijekom provedbe ekscentričnih kontrakcija (Brancaccio i sur., 2007; Garry i McShane, 2000). Nekolicina studija usporedbe utjecaja skakačkog tretmana na tlu i u vodi, mjerile su subjektivnu procjenu mišićne bolnosti kao također jedne od mogućih pokazatelja mišićne

bolnosti i oštećenja te su dokazali kako tretman proveden u vodi rezultira statistički značajno manjom bolnosti (Martel i sur., 2005; Robinson i sur., 2004).

Važno je napomenuti, kako niti mišićna bolnost, niti subjektivan osjećaj bolnosti nisu bile predmet ove studije, no u puno većem broju ispitanici eksperimentalne grupe na tlu su se žalili na bolnost nego ispitanici grupe u vodi.

**Tablica 22.** Razlike među eksperimentalnim grupama na temelju varijabli biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja (T-test za nezavisne uzorke,  $p < 0,05$ ).

	1. mjerenje biokemijskih pokazatelja			2. mjerenje biokemijskih pokazatelja		
	t-value	df	p	t-value	df	p
CK	-0,414811	18	0,683182	0,623112	18	0,541026
LDH	0,835257	18	0,414523	0,971564	18	0,344143
postCK	0,225626	18	0,824034	1,824533	18	0,084716
postLDH	-0,057695	18	0,954627	0,316654	18	0,755149

**Legenda:** **t-value** – vrijednost t-testa temeljem koje se testira statistička značajnost, **p** – razina statističke značajnosti, **df** – stupnjevi slobode, **CK** – kreatin kinaza, **LDH** – laktat dehidrogenaza, **postCK** – kreatin kinaza nakon treninga, **postLDH** – laktat dehidrogenaza nakon treninga

**Tablica 23.** Usporedba vrijednosti varijabli razlika biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja za eksperimentalnu grupu na tlu (T-test za zavisne uzorke s Bonferroni korekcijom,  $p < 0,025$ ).

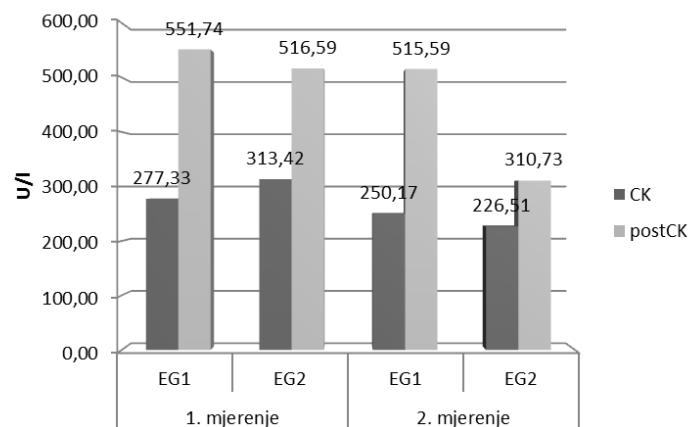
EG1 (n=10)	1. mjerenje biokemijskih pokazatelja			2. mjerenje biokemijskih pokazatelja		
	t-value	df	p	t-value	df	p
CK-postCK	-2,88035	18	0,009959	-2,51293	18	0,021716
LDH-postLDH	0,41567	18	0,682563	0,38896	18	0,701869

**Legenda:** **t-value** – vrijednost t-testa temeljem koje se testira statistička značajnost, **p** – razina statističke značajnosti, **df** – stupnjevi slobode, **CK** – kreatin kinaza, **LDH** – laktat dehidrogenaza, **postCK** – kreatin kinaza nakon treninga, **postLDH** – laktat dehidrogenaza nakon treninga

**Tablica 24.** Usporedba vrijednosti varijabli razlika biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja za eksperimentalnu grupu u vodi (T-test za zavisne uzorke s Bonferroni korekcijom,  $p < 0,025$ ).

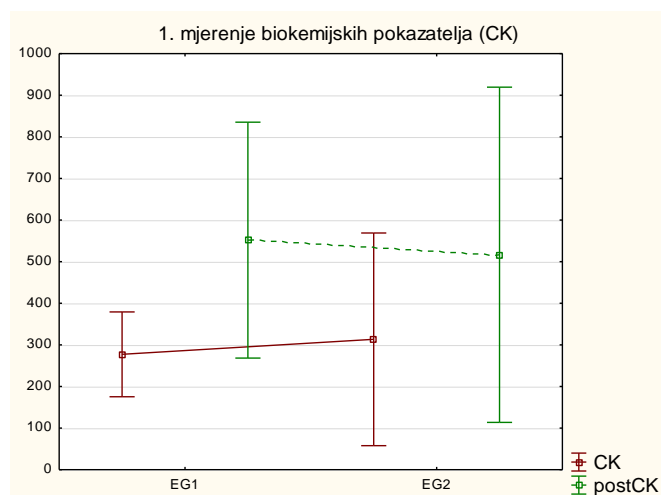
EG2 (n=10)	1. mjerenje biokemijskih pokazatelja			2. mjerenje biokemijskih pokazatelja		
	t-value	df	p	t-value	df	p
CK-postCK	-1,34660	18	0,194820	-1,56588	18	0,134788
LDH-postLDH	-0,53410	18	0,599805	-0,35466	18	0,726965

**Legenda:** **t-value** – vrijednost t-testa temeljem koje se testira statistička značajnost, **p** – razina statističke značajnosti, **df** – stupnjevi slobode, **CK** – kreatin kinaza, **LDH** – laktat dehidrogenaza, **postCK** – kreatin kinaza nakon treninga, **postLDH** – laktat dehidrogenaza nakon treninga

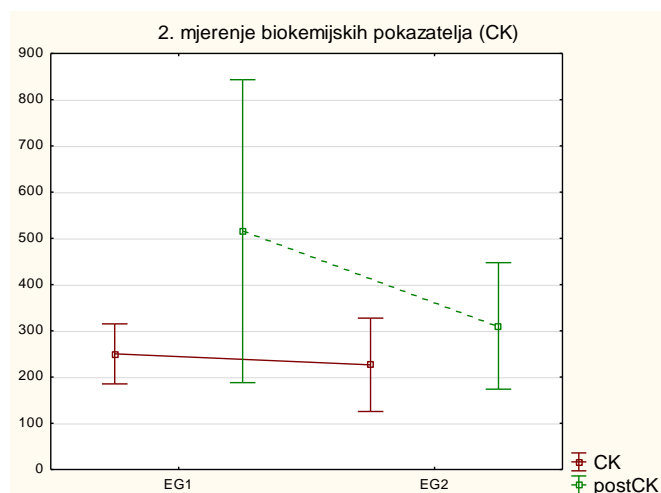


**Slika 30.** Grafički prikaz vrijednosti biokemijskog pokazatelja mišićnog oštećenja (CK) među eksperimentalnim grupama za oba mjerenja.

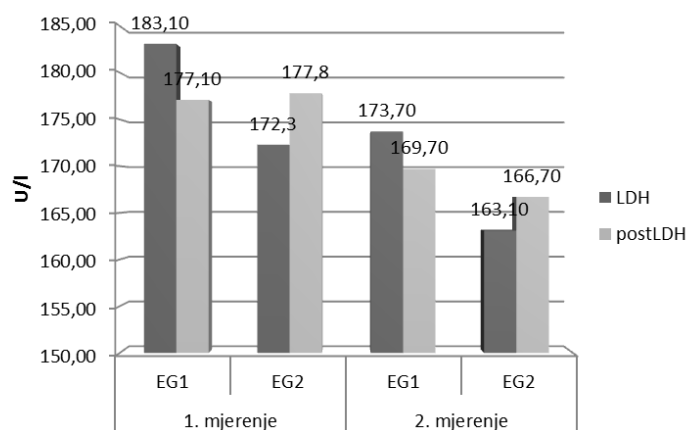
**A**



**B**

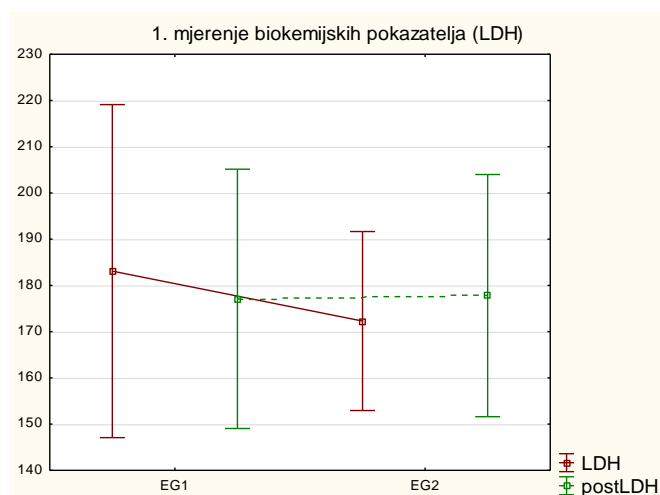


**Slika 31.** Grafički prikaz razlika vrijednosti biokemijskog pokazatelja mišićnog oštećenja (CK) među eksperimentalnim grupama. A) prvo mjerenje B) drugo mjerenje.

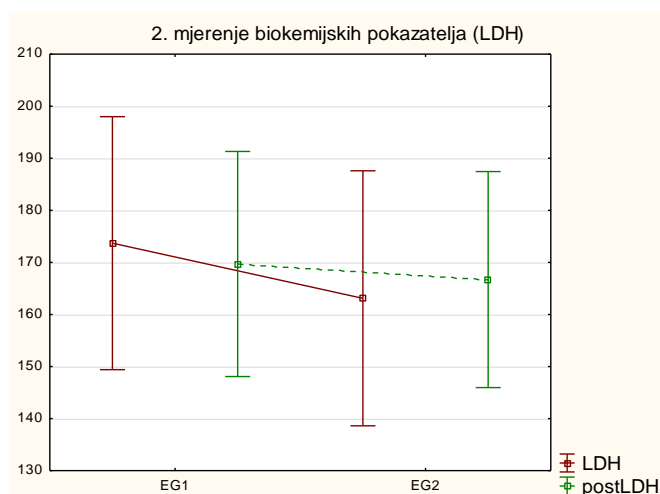


**Slika 32.** Grafički prikaz vrijednosti biokemijskog pokazatelja mišićnog oštećenja (LDH) među eksperimentalnim grupama za oba mjerenja.

**A**



**B**



**Slika 33.** Grafički prikaz razlika vrijednosti biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja (LDH) među eksperimentalnim grupama. A) prvo mjerenje B) drugo mjerenje.

## 5.6. Analiza rezidualnih učinaka trenažnih programa

Rezidualni (preostali) učinci predstavljaju zadržavanje statusa sposobnosti i motoričke izvedbe određeno vremensko razdoblje nakon prestanka provedbe trenažnog programa. U ovom istraživanju ponovljeno je mjerenje motoričkih sposobnosti dva tjedna nakon prestanka provedbe programa. Rezultati multivarijantne analize varijance eksperimentalnih grupa u tri mjerenja nisu pokazali statističku značajnost (tablica 27), a posljedično niti razlike među grupama pod utjecajem eksperimentalnih programa na tlu i u vodi nisu statistički značajne. Postoci promjena pokazuju kako je grupa na tlu dva tjedna od prestanka treninga unaprijedila motoričke sposobnosti, no statistički su značajne one varijable koje su bile i nakon prvog finalnog testiranja; v10 i v20, dok je za razliku od prvog testiranja statistički značajna varijabla Ag20y (tablica 30). S druge strane, postotak se promjene kod grupe u vodi za određene sposobnosti smanjio (brzina i eksplozivna snaga tipa skočnosti), dok je horizontalna eksplozivnost i agilnost porasla, no statistički značajno samo kod agilnosti nakon drugog finalnog mjerenja. S obzirom na to da je eksperimentalna grupa na tlu provodila testiranje u okruženju istom kao i trenažni program, dok je grupa u vodi provodila testiranje u drugačijim okolinskim uvjetima, moguće je pretpostaviti da je i razlika djelomično rezultat različitih uvjeta testiranja i provedbe programa. Međutim, uspoređujući vrijednosti postotka promjene, EG u vodi je veće promjene osjetila neposredno nakon provedenog programa, tako da su se djelomično rezidualne vrijednosti postotka smanjile, za razliku od EG-a na tlu kod koje je početna vrijednost promjena neposredno nakon programa bila manja, a rezidualne vrijednosti postotka u svim varijablama bile su veće (slika 33).

Prema zadnjim saznanjima istraživača, negativno opterećenje utječe na veće učinke (Argus i sur., 2011; Vuk, 2011; Vuk i sur., 2012; Markovic i sur., 2011), no moguće je i pretpostaviti da su ti učinci kraćeg trajanja ukoliko kroz određeno razdoblje ne postoji trenažni podražaj manjeg opterećenja od tjelesne težine.

Prema Mujiki i Padillu (2000), razdoblje od dva tjedna bez trenažnog podražaja predstavlja kratkoročni detrening razdoblje, no iako je u tom razdoblju moguće očekivati pad kardiovaskularnih sposobnosti, status neuromuskularnih sposobnosti nije do kraja dokazan. Pretpostavka je također da je mogući veći pad sposobnosti kod visokotreniranih pojedinaca, nego kod onih manje treniranih. S obzirom na status ispitanika ovog istraživanja, koji se mogu svrstati u sportaše, no ne i one s ciljanom usmjerenošću i vrhunskim rezultatima,

rezultati su pokazali da unatoč izostanku trenažnog podražaja, nije došlo do statistički značajnih razlika među grupama. Također, važno je napomenuti kako su vidljivi mali, no uglavnom ne statistički značajni pomaci na bolje kod eksperimentalne grupe na tlu. Dok kod eksperimentalne grupe u vodi, većina sposobnosti je minimalno opala na temelju čega se može pretpostaviti kako trenažni efekti programa u vodi brže opadaju, kao rezultat većeg napretka nakon tretmana, a s druge strane nije postojao apsolutno nikakav trenažni podražaj u vodi, odnosno specifičnim uvjetima. Isto tako, obje grupe su nastavile s provedbom ostalih tjelesnih aktivnosti na tlu u sklopu nastave, tako da nije u potpunosti moguće izolirati rezidualne efekte trenažnog programa.

**Tablica 25.** Osnovni deskriptivni parametri inicijalnog, prvog i drugog finalnog mjerenja biokemijskih varijabli motoričke izvedbe kod eksperimentalne grupe na tlu.

EG1 (n=10)	Inicijalno mjerenje	1. Finalno mjerenje	2. Finalno (rezidualno) mjerenje	$d_{f-i}$	$d_{fr-i}$
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$		
v5m	1,55 + 0,07	1,53 + 0,06	1,52 + 0,07	-0,03	-0,04
v10m	2,35 + 0,08	2,31 + 0,08	2,29 + 0,07	-0,04	-0,05
v20m	3,69 + 0,16	3,63 + 0,16	3,59 + 0,15	-0,06	-0,10
VS	58,60 + 7,86	62,40 + 7,25	62,66 + 7,56	3,80	4,06
SDM	243,00 + 21,89	248,93 + 23,04	253,76 + 18,89	5,93	10,76
Ag20y	4,99 + 0,29	4,88 + 0,25	4,81 + 0,16	-0,10	-0,18

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $s$  – standardna devijacija,  $d_{f-i}$  - apsolutnavrijednost tj. razlika između aritmetičke sredine u inicijalnom i prvom finalnom testiranju u originalnim mjernim jedinicama pripadajuće varijable,  $d_{fr-i}$  - apsolutnavrijednost tj. razlika između aritmetičke sredine u inicijalnom i drugom finalnom testiranju u originalnim mjernim jedinicama pripadajuće varijable, **v5m** – brzina na 5m, **v10m** – brzina na 10m, **v20m** – brzina na 20m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi.

**Tablica 26.** Osnovni deskriptivni parametri inicijalnog, prvog i drugog finalnog mjerenja biokemijskih varijabli motoričke izvedbe kod eksperimentalne grupe u vodi.

EG2 (n=10)	Inicijalno mjerenje	1. Finalno mjerenje	2. Finalno (rezidualno) mjerenje	$d_{f-i}$	$d_{fr-i}$
	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$	$\bar{x} \pm s$		
v5m	1,59 + 0,08	1,52 + 0,07	1,53 + 0,07	-0,07	-0,07
v10m	2,36 + 0,14	2,27 + 0,08	2,30 + 0,08	-0,09	-0,06
v20m	3,68 + 0,23	3,57 + 0,14	3,59 + 0,13	-0,12	-0,09
VS	56,93 + 10,65	61,53 + 9,48	60,50 + 9,88	4,60	3,57
SDM	237,66 + 25,73	237,87 + 18,00	240,90 + 21,84	0,20	3,24
Ag20y	5,15 + 0,55	4,85 + 0,21	4,82 + 0,18	-0,30	-0,33

**Legenda:**  $\bar{x}$  - aritmetička sredina,  $s$  – standardna devijacija,  $d_{f-i}$  - apsolutnavrijednost tj. razlika između aritmetičke sredine u inicijalnom i prvog finalnog testiranja u originalnim mjernim jedinicama pripadajuće varijable,  $d_{fr-i}$  – apsolutna vrijednost tj. razlika između aritmetičke sredine u inicijalnom i drugom finalnom testiranju u originalnim mjernim jedinicama pripadajuće varijable, **v5m** – brzina na 5m, **v10m** – brzina na 10m, **v20m** – brzina na 20m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi.

**Tablica 27.** Multivarijantna analiza varijance između eksperimentalnih grupa i tri mjerenja motoričkih sposobnosti.

Wilks lambda		F	Effect df	Error df	p
R1*GROUP	0,289	1,44	12	7	0,325

**Legenda:** **GROUP** – grupa, **Wilks lambda** –testira statistički značajnu razliku između centroida grupa, **F** – vrijednost temeljem koje se testira statistički značajnost doprinosa svake varijable diskriminacijskoj moći cijelog modela, **Effect df** – broj stupnjeva slobode između grupa, **Error df** – broj stupnjeva slobode unutar grupa, **p** – razina statističke značajnosti, odnosno pogreška koju činimo tvrdeći da je razlika između analiziranih grupa statistički značajna.

**Tablica 28.** Multivarijantana analiza varijance eksperimentalnih grupa na varijablama razlika inicijalnog mjerenja i finalnog mjerenja motoričkih sposobnosti.

Wilks lambda		F	Effect df	Error df	p
GROUP	0,515	2,042	6	13	0,132

**Legenda:** **GROUP** – grupa, **Wilks lambda** –testira statistički značajnu razliku među centroidima grupa, **F** – vrijednost temeljem koje se testira statistički značajnost doprinosa svake varijable diskriminacijskoj moći cijelog modela, **Effect df** – broj stupnjeva slobode među grupama, **Error df** – broj stupnjeva slobode u grupama, **p** – razina statističke značajnosti, odnosno pogreška koju činimo tvrdeći da je razlika između analiziranih grupa statistički značajna.

**Tablica 29.** Multivarijantana analiza varijance eksperimentalnih grupa na varijablama razlika inicijalnog i drugog finalnog mjerenja motoričkih sposobnosti.

Wilks lambda		F	Effect df	Error df	p
GROUP	0,708	0,895	6	13	0,526

**Legenda:** **GROUP** – grupa, **Wilks lambda** –testira statistički značajnu razliku između centroida grupa, **F** – vrijednost kojom se testira statistički značajnost doprinosa svake varijable diskriminacijskoj moći cijelog modela, **Effect df** – broj stupnjeva slobode među grupama, **Error df** – broj stupnjeva slobode u grupama, **p** – razina statističke značajnosti, odnosno pogreška koju činimo tvrdeći da je razlika između analiziranih grupa statistički značajna.

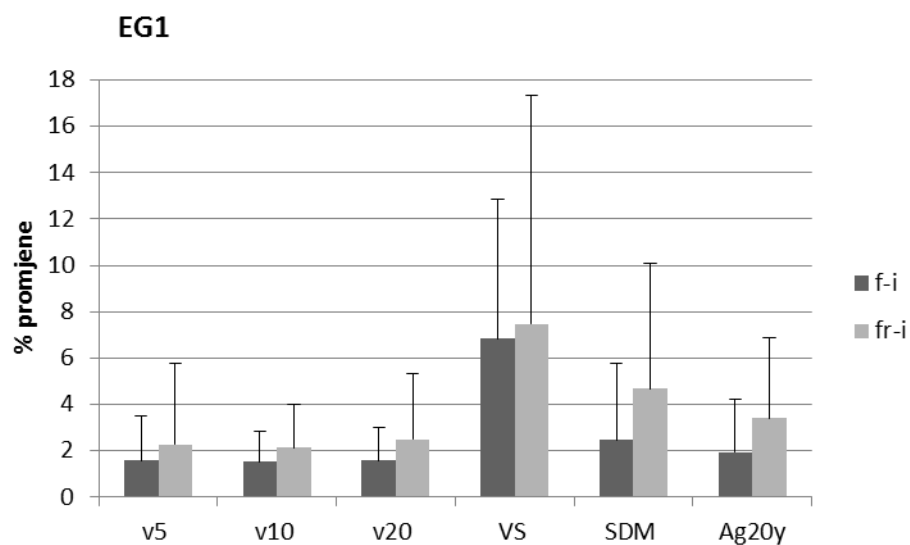
**Tablica 30.** Prikaz vrijednosti t-testa i utjecaja tretmana na eksperimentalne grupe nakon drugog finalnog mjerenja motoričkih sposobnosti.

EG1 (n=10)	p<0,025		EG2 (n=10)	p<0,025	
	t-value	p		t-value	p
v5	2,05	0,07	v5	1,96	0,081
v10	3,56	0,006	v10	1,42	0,188
v20	2,64	0,026	v20	1,58	0,147
VS	-2,41	0,038	VS	-2,34	0,442
SDM	-2,64	0,027	SDM	-0,79	0,447
Ag20y	3,01	0,014	Ag20y	2,82	0,019

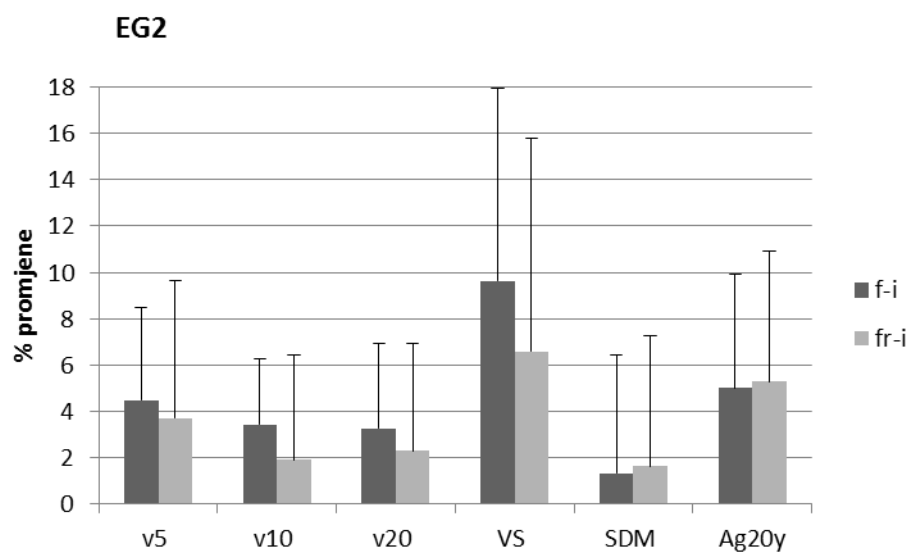
**Legenda:** **t-value** – vrijednost t- testa temeljem koje se testira statistički značajnost, **p** – razina statističke značajnosti, **v5m** – brzina na 5m, **v10m** – brzina na 10m, **v20m** – brzina na 20m, **VS** – vertikalni skok, **SDM** – skok u dalj s mjesta, **Ag20y** – agilnost na 20 yardi.



**A**



**B**



**Slika 34.** Grafički prikaz usporedbi promjena među izvedbenim (motoričkim) varijablama kod A) eksperimentalne grupe na tlu i B) eksperimentalne grupe u vodi.

## 6. ZAKLJUČAK

Temeljni cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utječe li osmotjedni skakački program, osobito program proveden u vodi, na promjene u motoričkim sposobnostima te razlikuju li se te promjene statistički značajno među kontrolnom grupom i eksperimentalnim grupama. Sekundarni je cilj ovog istraživanja usporediti razlike u biomehaničkim karakteristikama, biokemijskim pokazateljima i rezidualnim učincima među eksperimentalnim grupama.

Na temelju formuliranih istraživačkih hipoteza i rezultata ovog istraživanja izvedeni su sljedeći zaključci:

1. Alternativna hipoteza H1 koja glasi: „*Osmotjedni skakački program statistički značajno utječe na razlike u rezultatima testova motoričkih sposobnosti i biomehaničkih karakteristika između kontrolne i eksperimentalnih grupa*“ prihvaćena je jer glavni nalaz ovog istraživanja upućuje na to da postoje statistički značajne razlike među grupama koje su rezultat provedenog programa.

Rezultati su pokazali kako je od šest motoričkih varijabli i devetnaest biomehaničkih varijabli, pet pridonijelo razlici među grupama: četiri motoričke i jedna biomehanička varijabla. Na temelju razlika moguće je zaključiti kako osmotjedni skakački program može unaprijediti motoričke sposobnosti i izvedbu primjenom programa na tlu i u vodi. Usporedbom s ostalim programima sličnog karaktera, njihova primjena u velikom broju unaprjeđuje motoričke sposobnosti, iako u nekolicini istraživanja nije dokazano razlikovanje grupa kao rezultat nepostojanja kontrolne grupe ili rezultat malog broja ispitanika (Arazi i Asadi, 2011; Arazi i sur., 2012; Kamalkkannan i sur., 2011; Robinson i sur., 2004; Shiran i sur., 2008; Stemm i Jacobson, 2007 i dr.).

2. Alternativna hipoteza H2 koja glasi: „*Osmotjedni skakački program statistički značajno utječe na razlike u rezultatima testova motoričkih sposobnosti i biomehaničkih karakteristika između inicijalnog i finalnog testiranja kod eksperimentalne grupe na tlu i u vodi*“ djelomično je prihvaćena s obzirom na to da nalazi ovog istraživanja upućuju kako postoje statistički značajne razlike u nekim varijablama pod utjecajem eksperimentalnog skakačkog programa kod obje

eksperimentalne grupe, no nakon provedenog skakačkog programa ne postoje statistički značajne razlike među grupama.

Kao najznačajni zaključak ovog dijela upravo je potvrda značajnog utjecaja skakačkog programa u vodi na brzinu, eksplozivnu snagu tipa skočnosti, odnosno poboljšanje vertikalnog skoka i poboljšanje agilnosti. S druge strane, eksperimentalni program na tlu može unaprijediti brzinu na 10 i 20 m, a također i vertikalni skok, no u manjem postotku nego program u vodi. Ukoliko se analiziraju biomehaničke karakteriste i njihove promjene, grupe se ne razlikuju, osim za impuls sile u koncentričnoj fazi, dok je eksperimentalna grupa na tlu pokazala značajno poboljšanje u vršnoj snazi pri izvedbi jednonožnog skoka s pripremom na dominantnoj i nedominantnoj nozi. Primjena skakačkog programa može unaprijediti motoričke sposobnosti, no odabir njegove provedbe na tlu ili u vodi ovisit će o trenažnom statusu pojedinca, preferencijama, a također i željenim adaptacijama na varijabilne uvjete provedbe.

3. Alternativna hipoteza H3 koja glasi: „*Postoje statistički značajne razlike u biokemijskim pokazateljima među eksperimentalnim grupama na tlu i u vodi*“ odbijena je jer se grupe nisu statistički značajno razlikovale u biokemijskim pokazateljima mišićnog oštećenja.

Iako su obje grupe imale povećanje u aktivnosti biokemijskog pokazatelja kreatin kinaze nakon provedene trenažne jedinice u dva mjerenja, jedino je eksperimentalna grupa na tlu imala statistički značajno povećan CK, ukazujući na mišićna oštećenja, dok nikakve promjene nisu uočene u laktat dehidrogenazi, niti kod jedne eksperimentalne grupe. Gledajući vrijednosti razlika u prvom i drugom mjerenju, eksperimentalna grupa na tlu imala je 98,94 % i 106,09 % povećane vrijednosti CK, dok je eksperimentalna grupa u vodi imala povećanje od 64,82 % i 37,18 %. Navedene prilično velike razlike u postotku navode na moguću zaključak kako je primijećeni pad u postotku između prvog i drugog mjerenja rezultat brže postignutih adaptacija na opterećenja u vodi nego na tlu. Iako vrijednosti promjena nisu statistički značajne, na pojedinačnoj razini moguće je pretpostaviti kako se ispitanici po statusu treniranosti razlikuju, tako i vrijednosti biokemijskih pokazatelja variraju, a također je moguće zaključiti kako je u vodi zbog manjih ekscentričnih opterećenja manja pojava mišićnog oštećenja.

4. Alternativna hipoteza H4 koja glasi: „*Postoje statistički značajne razlike u rezidualnim učincima osmotjednog skakačkog programa među eksperimentalnim grupama na tlu i u vodi*“ odbijena je jer se grupe nisu statistički značajno razlikovale u varijablama motoričkih sposobnosti nakon drugog finalnog mjerenja.

Iako se grupe nisu razlikovale u testovima motoričkih sposobnosti dva tjedna nakon provedbe eksperimentalnog programa, vidljive su u postotcima male promjene odnosno poboljšanje u rezultatima kod eksperimentalne grupe na tlu i mali pad u rezultatima kod eksperimentalne grupe u vodi. Nedostatak ovog dijela istraživanja je upravo u tome što ukoliko je cilj utvrditi zaostale učinke programa onda je to moguće ukoliko se isključe svi skakački podražaji, no ispitanici su imali određene skakačke podražaje na tlu tijekom nastave na studiju, dok skakačkih podražaja u vodi tijekom tih dva tjedna nakon nije bilo, tako da je iznimno teško zaključiti na temelju čega je došlo do malog statistički neznačajnog povećanja rezultata kod grupe na tlu i pada rezultata kod grupe u vodi. Glavni zaključak je kako oba tretmana mogu utjecati na unaprjeđenje motoričkih sposobnosti, no da se nakon dva tjedna izostanka specifičnog trenažnog podražaja grupe statistički ne razlikuju u rezidualnim učincima.

Tijekom planiranja i programiranja trenažnog programa, pažnju je važno usmjeriti na tri temeljna principa: faktore opterećenja/stimulusa, varijacije, odnosno manipulacije trenažnim varijablama i specifičnosti režima. Ukoliko se pažnja preusmjeri na faktore opterećenja, jasno je kako skakački trening u vodi unatoč jednakom broju kontakta s podlogom predstavlja manje opterećenje s obzirom na to da je ekscentrično opterećenje manje, a također su manje vrijednosti sile reakcija podloge, a potom i gradijent sile tijekom doskoka kao glavni faktor opterećenja, za razliku od skakačkog programa na tlu. S druge strane, gustoća i otpor vode mogu stvoriti dodatno koncentrično opterećenje koje je teško kvantificirati s obzirom na to da ovisi o brzini izvedbe pokreta, smjeru izvedbe i površini dijela tijela koji „probija“ vodu.

Pod varijacijama, odnosno manipulacijom trenažnim varijablama, jedan je važan faktor obrazac kretanja. Iako se radi o „istim“ pokretima, odnosi brzine-jakosti nisu jednaki pri izvedbi skokova na tlu i u vodi, tako da u vodi zbog rasterećenja dolazi do modifikacije tehnike. Naposljetku, ako se pozornost usmjeri na specifičnost, Siff i Verkhoshansky (1998) naglašavaju da kako bi se postigao maksimalan transfer, trenažna izvedba mora biti što bliža natjecateljskoj. Stone i sur. (2000) smatraju da je odabir onih vježbi s velikim potencijalnim transferom najvažniji čimbenik pri kreiranju trenažnog programa.

Ukoliko se postavi poveznica između asistiranih skokova i skokva u vodi, jasno je da postoji manje ekscentrično opterećenje i smanjenja SSC funkcija, no kod obje izvedbe dolazi do promjene u obrascu kretanja. Također, zbog manjeg ukupnog opterećenja sile moguće je koncentričnu fazu skoka izvesti brže te na temelju odnosa sile-brzine zadovoljava koncept maksimalnog dinamičkog izlaza prema Markovicu i sur. (2011) gdje je poboljšana izvedba, prvenstveno vertikalnog skoka, rezultat promjenjenog skakačkog obrasca s poboljšanom funkcijom mišićnih ekstenzora donjih ekstremiteta.

Ovim istraživanjem pokazano je kako fizički aktivne osobe, studenti druge godine Kineziološkog fakulteta, zbog čijeg se visokog statusa kondicijske pripremljenosti rezultati mogu generalizirati na populaciju sportaša u sportskim igrama, pod utjecajem skakačkog programa u vodi mogu unaprijediti prvenstveno motoričke sposobnosti, no ne statistički značajno različito od grupe na tlu, ali ipak s nešto manjim vrijednostima mišićnog oštećenja i to kao rezultat smanjenih ekscentričnih opterećenja u vodi. Glavna pretpostavka je kako je najveća promjena, nastala pri izvedbi vertikalnog skoka i brzine, rezultat većeg gradijenta sile s obzirom na to da nije došlo do promjena u vrijednostima sile i snage. Također, grupa u vodi tijekom trenažnog programa konstatno je provodila skokove s kraćim trajanjem kontakta, tako da je moguće objašnjenje promjene brzine trčanja na 5, 10 i 20 m upravo rezultat kraćeg kontakta s podlogom kod skokova izvođenih na mjestu.

Primjena skakačkog trenažnog programa s većim postotkom unilateralnih skokova nije rezultirala značajnim razlikama među grupama, a kao jedan od argumenata je niska razina usvojenosti izvedbe jednonožnih skokova na mjestu i u kretanju. Iako relativno visokih kondicijskih sposobnosti, ispitanici su kroz trenažnu povijest minimalno provodili jednonožne skakačke trenažne operatore, dok je većina tijekom studija dobila informacije o pravilnoj izvedbi i kroz period od jednog semestra su ih usavršili. Postavlja se pitanje da li je to bilo dovoljno da bi se pravila kretna struktura automatizirala.

Na temelju rezultata istraživanja i dosadašnjih istraživanja, provedba skakačkog programa u vodi može biti adekvatni operator za unaprjeđenje motoričke izvedbe, pogotovo u situacijama gdje sudionici nemaju dovoljnu razinu motoričkih znanja i vještina pri izvedbi skokova, a također tijekom kineziološke rehabilitacije lokomotornog sustava i vraćanja u sportsku formu. Dakako da zbog promjene, odnosno zbog manipulacije trenažnim operatorima treba koristiti široki spektar modaliteta vježbanja, pa tako i onaj u vodi. Kako bi se omogućio bolji transfer

na motoričku izvedbu, s približavanjem natjecateljskog ciklusa, adekvatnije bi bilo primijenjivati specifičnije trenažne operatore, odnosno skakački program na tlu čiji su rezidualni učinci potencijano bolji.

S kineziološkog aspekta, znanstveni doprinos očituje se u boljem razumijevanju metodologije i provedbe eksperimentalnih programa, u ovom slučaju skakačkih programa na tlu i u vodi te adaptacijskih mehanizama ljudskog organizma koji rezultiraju unaprijeđenom motoričkom izvedbom. S fiziološkog aspekta, doprinos istraživanja očituje se u razumijevanju dobivenih saznanja o razini biokemijskih pokazatelja mišićnog oštećenja nakon provedbe eksperimentalnog programa na tlu i u vodi te ostalim biomehaničkim karakteristikama skokova nakon provedenog programa. Praktični doprinos istraživanja očituje se u razumijevanju eksperimentalnog skakačkog programa u vodi i na tlu i njegovog utjecaja na motoričke sposobnosti i sportsku izvedbu, te time većoj primjenjivosti u timskim i individualnim sportovima. Također, dobivanje informacija o trajanju kontakta s podlogom i trajanju pojedinih faza kontrakcije, odnosno svim vrijednostima biomehaničkih karakteristika može utjecati na adekvatniji odabir trenažnih operatora kako bi se unaprijedili pojedini aspekti skokova.

Naredna istraživanja ove problematike trebala bi pokušati bolje kvantificirati opterećenje pri izvedbi skokova u vodi. Poželjno bi bilo i omogućiti mjerenje biomehaničkih parametara tijekom izvedbe skokova u vodi. Kako bi se dobile bolje informacije vezane uz proces učenja i njegove učinke, dobro bi bilo usporediti učinke programa kod ispitanika koji nisu provodili skakački program te proučiti razlike i brzinu učenja kod izvedbe na tlu i u vodi.

Također je mišljenje autora kako bi s povećanjem broja ispitanika određene statistički neznačajne razlike pokazale statističku značajnost, odnosno dokazale bi se prednosti i mane provedbe skakačkog programa na tlu i u vodi.

## 7. LITERATURA

1. Antekolović, Lj., Žufar, G., Hofman, E. (2003). Metodika razvoja eksplozivne snage tipa skočnosti. Zbornik radova međunarodnog znanstveno stručnog skupa Kondicijska priprema sportaša 2003. / Milanović, D.; Jukić, I., Zagreb, str. 219 – 223.
2. Arampatzis, A., Brüggemann, G.P. & Klapsing, G.M. (2001). Leg stiffness and mechanical energetic processes during jumping on a sprung surface. *Medicine and science in sports and exercise*, 33 (6), 923–931.
3. Arazi, H. and Asadi, A. (2011). The effect of aquatic and land plyometric training on strength, sprint, and balance in young basketball players. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6.
4. Arazi, H., Coetzee, B. & Asadi, A. (2012). Comparative effect of land- and aquatic- based plyometric training on jumping ability and agility of young basketball players. *South African Journal for Research in Sport, Physical Education and Recreation*, 34(2), 1-14.
5. Argus, C., Gill, N., Keogh, J., Blazevich, A. and Hopkins, W. (2011). Kinetic and training comparisons between assisted, resisted, and free countermovement jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (8), 2219–2227.
6. Barbosa, T.M., Garrido, M.F. & Bragada, J. (2007). Physiological adaptations to head-out aquatic exercises with different levels of body immersion. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1255-1259.
7. Bavli, O. (2012). Comparison the effect of water plyometrics and land plyometrics on body mass index and biomotorical variables of adolescent basketball players. *International Journal of Sport and Exercise Science*, 4(1), 11-14.
8. Becker, B.E. (2006). Aquatic Therapy: Scientific foundations and clinical rehabilitation applications. *PM&R*, 1, 859-72.
9. Benjanuvatra, N., Lay, B., Alderson, J. & Blanksby, B. (2013). Comparison of ground reaction force asymmetry of the one-legged and two-legged countermovement jumps. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(10), 2700-2707.

10. Bok, D. (2013). Učinci dva trenažna protokola ponavljanih sprintova na pokazatelje kondicijske pripremljenosti. Doktorska disertacija, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zagreb.
11. Bosco, C., Luhtanen, P., Komi, P.V. (1983). A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 50, 273-282.
12. Blazevich, A. (2011). The Stretch-Shortening Cycle. In *Strength and Conditioning: biological principles and practical applications*. U: Cardinale, M., Newton, R. & Nosaka, K., 209-218.
13. Bobbert, M.F., Gerritsen, K.G., Litjens, M.C, i van Soest, A.J. (1996). Why is countermovement jump height greater than squat jump height? *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28, 1402–1412.
14. Bobbert, M., Mackay, M., Schinkelshoek, D., Huijing, P. and van Ingen Schenau, G. (1986). Biomechanical analysis of drop and countermovement jumps. *European journal of applied physiology and occupational physiology*, 54 (6), 566–573.
15. Brancaccio, P., Limongelli, F. & Maffulli, N. (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 96-97.
16. Brancaccio, P., Maffulli, N. and Limongelli, F. (2007). Creatine kinase monitoring in sport medicine. *British medical bulletin*, 81-82, 209–230.
17. Bushman, B.A., Flynn, M.G., Andres, F.F., Fredrick, F., Lambert, C.P., Taylor, M.S. & Braun, W.A. (1997). Effect of 4wk of deep water run training on running performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29, 694-699.
18. Butler, R., Crowell, H. and Davis, I. (2003). Lower extremity stiffness: implications for performance and injury. *Clinical biomechanics*, 18 (6), 511–517.
19. Chatzinikolaou, A., Fatouros, I.G., Gourgoulis, V., Avloniti, A., Jamurtas, A.Z., Nikolaidis, M.G., Douroudos, I., Michailidis, Y., Beneka, A., Malliou, P., Tofas, T., Georgiadis, I., Mandalidis, D. & Taxildaris, K. (2010). Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(5), 1389–1398.



20. Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, New Jersey.
21. Colado, J., Triplett, N., Alakhdar, Y., Mayo, C., Garcia, X., & Tella, V. (2008). Comparison of the maximum strength and the impact force produced during oneleg jump in the aquatic medium and dry land. *IAFC Poster Proceedings*, 2008.
22. Colado, J.C., Garcia-Masso, X., Gonzalez, L.M., Triplett, N.T., Mayo, C., Merce, J. (2010). Two-Leg Squat Jumps in Water: An Effective Alternative to Dry Land Jumps. *International Journal of Sports Medicine*, 31, 118-122.
23. Coleman, M. (2007) The efect of aquatic plyometrics on sprint performance on high school sprinters. (Master thesis). Sacramento: California State University.
24. Cordova, M. and Armstrong, C. (1996). Reliability of ground reaction forces during a vertical jump: implications for functional strength assessment. *Jornal of Athletic Training*, 31 (4), 342-345.
25. Cormie, P., McBride, J. & McCaulley (2007). The influence of body mass on calculation of power during lower-body resistance exercises. *Journal of strength and conditioning research*, 21 (4), 1042-1049.
26. Cormie, P., McCaulley, G. & McBride, J. (2007). Power versus strength-power jump squat training: influence on the load-power relationship. *Medicine and science in sports and exercise*, 39 (6), 996–1003
27. Cormie, P., McCaulley, G., Triplett, N. & McBride, J. (2007). Optimal loading for maximal power output during lower-body resistance exercises. *Medicine and science in sports and exercise*, 39 (2), 340–349.
28. Cormie, P., McGuigan, M.R. & Newton, R.U. (2011). Developing maximal neuromuscular power. Part 1 – Biological basis of maximal power production. *Sports Medicine*, 41(1), 17-38.
29. Cormie, P., McGuigan, M.R. & Newton, R.U. (2011). Developing maximal neuromuscular power. Part 2 – Training considerations for improving maximal power production. *Sports Medicine*, 41(2), 125-146.
30. Donoghue, O., Shimojo, H. and Takagi, H. (2011). Impact forces of plyometric exercises performed on land and in water. *Sports health*, 3(3), 303–309.
31. Ebben, W., Flanagan, E. and Sansom, J., Petushek, E.J & Jensen, R. (2010). Ground reaction forces of variations of plyometric exercises on hard surfaces, padded surfaces and in water. 28 International Conference on

- Biomechanics in Sports. U: Randall Jensen, R., Ebben, W., Petushek, E., Richter, C. & Roemer, K., 2010. Marquette, MI, USA.
32. Eiras, A., Ladeira dos Reis, R., Silva, P., Monteiro, A., Pereira, R., Machado, M. (2009). Drop jump and muscle damage. *Serbian Journal of Sports Science*, 3(1-4), 81-84.
  33. Fabricius, D. (2011). Comparison of aquatic- and land-based plyometric training on power, speed and agility in adolescent rugby union players. (Doktorski rad). Stellenbosch: University of Stellenbosch, Faculty of Education.
  34. Finni, T., Ikegaya, S. & Komi, P.V. (2001). Concentric force enhancement during human movement. *Acta Physiologica Scandinavica*, 173, 369-377.
  35. Finni, T., Ikegaya, S., Lepola, V. & Komi, P.V. (2003). Comparison of force-velocity relationship of vastus lateralis muscle in isokinetic and stretch-shortening cycle exercise. *Acta Physiologica Scandinavica*, 177, 483-491.
  36. Fox, B., Hauser, J., Krings, B., O'Keefe, C. (2012). Comparing aquatic plyometric and land playometric training on power, speed and agility performance. *Journal of Undergraduate Kinesiology Research*, 7(2), 43-51.
  37. Garry, J.P. & McShane, J.M. (2000). Postcompetition elevationa of muscle enzyme in professional football players. *Medscape General Medicine*, 2(1), E4.
  38. Gulick, D.T., Libert, C., O'Melia, M. & Taylor, L. (2007). Comparison of aquatic and land plyometric training on strength, power and agility. *The Journal of Aquatic Physical Therapy*, 15(1): 11-18.
  39. Hartmann, U. & Mester, J. (2000). Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 209-215.
  40. Holcomb, W.R., Kleiner, D.M., Chu, D.A. (1998). Plyometrics: Considerations for safe and effective training. *Strength and Conditioning Journal*, 36-39.
  41. Holcomb, W.R., Lander, J.E., Rutland, R.M., Wilson, G.D. (1996). The effectiveness of a modified plyometric program on power and the vertical jump. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 10 (2), 89-92.
  42. Jamurtas, A., Fatouros, I., Buckenmexer, P., Kokkinidis, E., Taxildaris, K., Kambas, A. & Kyriazis, G. (2000). Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. *Journal of strength and conditioning research*, 14 (1), 68-74.

43. Jaric, S. & Markovic, G. (2009). Leg muscles design: the maximum dynamic output hypothesis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(4), 780-787.
44. Jensen, R., Leissring, S., Garceau, L., Petushek, E. & Ebben, W. (2009). Quantifying the Onset of the Concentric Phase of the Force–Time Record during Jumping. 27 International Conference on Biomechanics in Sports. U: Harrison, A., Anderson, R. & Kenny, I., 2009. Limerick, Ireland.
45. Kamalakkannan, K., Azeem, K. & Arumugam, C. (2011). The effect of aquatic plyometric training with and without resistance on selected physical fitness variables among volleyball players. *Journal of Physical Education and Sport*, 11(2), 205-210.
46. Komi, P.V. (2000). Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. *Journal of Biomechanics*, 33, 1197-1206.
47. Komi, P.V. (2003) Stretch-Shortening Cycle. *Strength and Power in Sports*, 2nd edition (ed.P.V. Komi), Blackwell Publishing, Oxford, UK.
48. Krističević T., Hraski Ž. (1999). Neke mogućnosti primjene fotostanica u dijagnosticiranju sportaša. *Trener i suvremena dijagnostika, Zbornik radova 8. Zagrebački sajam sporta*, U: Ž. Hraski, B. Matković, 51-56.
49. Kubo, K., Morimoto, M., Komuro, T., Yata, H., Tsunoda, N., Kanehisa, H. and Fukunaga, T. (2007). Effects of plyometric and weight training on muscle-tendon complex and jump performance. *Medicine and science in sports and exercise*, 39 (10), 1801–1810.
50. Kobsar, D. and Barden, J. (2011). Contact Time Predicts Coupling Time in Slow Stretch-Shortening Cycle Jumps. *Journal of Stretch and Conditioning Research*, 25 (1), S51-S52.
51. Lee, J., Goldfarb, A., Rescino, M., Hegde, S., Patrick, S. & Apperson, K. (2002). Eccentric exercise effect on blood oxidative-stress markers and delayed onset of muscle soreness. *Medicine and science in sports and exercise*, 34(3), p.443–448.
52. Linthorne, N. P. (2001). Analysis of standing vertical jumps using a force platform. *American Journal of Physics*, 69 (11), 1198-1204.
53. Lloyd, R., Oliver, J. and Hughes, M. & Williams, C. (2012). The effects of 4-weeks of plyometric training on reactive strength index and leg stiffness in male youths. *Journal of Stretch and Conditioning Research*, 26 (10), 2812-2819.

54. Makaruk, H., Czaplicki, A., Sacewicz, T. & Sadowski, J. (2014). The effects of single versus repeated plyometrics on landing biomechanics and jumping performance in men. *Biology of Sport*, 31, 9-14.
55. Markovic, G. (2007). Does plyometric training improve vertical jump height? A meta-analytical review. *British journal of sports medicine*, 41 (6), 349–355.
56. Markovic, G., Dizdar, D., Jukic, I. and Cardinale, M. (2004). Reliability and factorial validity of squat and countermovement jump tests. *Journal of strength and conditioning research*, 18 (3), 551-555.
57. Marković, G. & Mikulić, P. (2010). Neuro-muskuloskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. *Sports Medicine*, 40 (10), 859-895.
58. Markovic, G. & Jaric, S. (2007). Positive and negative loading and mechanical output in maximum vertical jumping. *Medicine and science in sports and exercise*, 39 (10), 1757–1764.
59. Markovic, G., Vuk, S. & Jaric, S. (2011). Effects of jump training with negative versus positive loading on jumping mechanics. *International journal of sports medicine*, 32 (5), 365–372.
60. Markovic, G., Jukic, I., Milanovic, D. & Metikos, D. (2007). Effects of sprint and plyometric training on muscle function and athletic performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21 (2), 543-549.
61. Martel, G. F., Harmer, M. L., Logan, J. M. & Parker, C. B. (2005). Aquatic plyometric training increases vertical jump in female volleyball players. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37.
62. Marušić, M. (2008). Uvod u znanstveni rad u medicini. Medicinska naklada, Zagreb.
63. McBride, J., McCaulley, G. and Cormie, P. (2008). Influence of preactivity and eccentric muscle activity on concentric performance during vertical jumping. *Journal of strength and conditioning research*, 22 (3), 750–757.
64. McBride, J., Kirby, T., Hains, T., Skinner, J. & Delalija, A. (2011). Relationship Between Impulse, Peak Force and Jump Squat Performance with Variation in Loading and Squat Depth. *Journal of strength and conditioning research*, 25 (1), S77–S78.
65. Medved, V. (1989). Bioelektrička i kinetička dijagnostika lokomocije. *Elektrotehnika*, 32 (6), 335-343.

66. Miller, M.G., Berry, D.C., Bullard, S. & Gilders, R. (2002). Comparisons of land-based and aquatic-based plyometric programs during an 8-week training period. *Journal of Sport Rehabilitation*, 11(4), 268-283.
67. Miller, M. G., Herniman, J. J., Ricard, M. D., Cheatham, C. C. and Michael, T. J. (2006). The effects of a 6-week plyometric training program on agility. *Journal of Sports Science and Medicine*, 5 (3), 459–465.
68. Miller, M., Cheatham, C., Porter, A., Ricard, M., Henningar, D. & Berry, D. (2007). Chest-and waist-deep aquatic plyometric training and average force, power and vertical-jump performance. *International Journal of Aquatic Research and Eduaction*, 1, 145-155.
69. Miller, M., Berry, D., Gilders, R. & Bullard, S. (2001). Recommendations for implementing an aquatic plyometric program. *Strength and Conditioning Journal*, 23(6), 28-35.
70. Mišigoj-Duraković, M. (2008). Kinantropologija – biološki aspekti vježbanja. *Zagreb: Kineziološki fakultet*.
71. Momirović, K., Prot, F., Dugić, D., Knezović, Z., Bosnar, K., Erjavec, N., Gredelj, M., Kern, J., Dobrić, V. & Radaković, J. (1987). Metode, algoritmi i programi za analizu kvantitativnih i kvalitativnih promjena. *Institut za kineziologiju FFK Sveučilišta u Zagrebu*.
72. Mougios, V. (2007). Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*, 41, 674-678.
73. Mujika, I. & Padilla, S. (2000a). Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part 1: Short term insufficient training stimulus. *Sports Medicine*, 30(2), 79-87.
74. Mujika, I. & Padilla, S. (2000b). Detraining: Loss of training-induced physiological and performance adaptations. Part 2: Long term insufficient training stimulus. *Sports Medicine*, 30(3), 145-154.
75. Miyama, M. & Nosaka, K. (2004). Influence of surface on muscle damage and soreness induced by consecutive drop jumps. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(2): 206-211.
76. Nicol, C., Avela, C., Komi, P.V. (2006). The stretch-shortening cycle : a model to study naturally occurring neuromuscular fatigue. *Sports Medicine*, 36 (11), 977-999.

77. Nuzzo, J., McBride, J., Dayne, A., Israetel, M., Dumke, C. and Triplett, N. (2010). Testing of the maximal dynamic output hypothesis in trained and untrained subjects. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (5), 1269–1276.
78. Pantoja, P.D., Alberton, C.L., Pilla, C., Vendrusculo, A.P. & Krueger, L.F.M. Effect of resistive exercise on muscle damage in water and on land. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(3), 1051–1054.
79. Paschalis, V., Giakas, G., Baltzopoulos, V., Jamurtas, A., Theoharis, V., Kotzamanidis, C. and Koutedakis, Y. (2007). The effects of muscle damage following eccentric exercise on gait biomechanics. *Gait & posture*, 25 (2), 236–242.
80. Ploeg, A.H., Miller, M.G., Holcomb, W.R., O'donoghue, J., Berry, D. & Dibbet, T.J. (2010). The effects of high volume aquatic plyometric training on vertical jump, muscle power and torque. *International Journal of Aquatic Research and Education*, 4(1): 39-48 (Abstract).
81. Rimmer, E. and Sleivert, G. (2000). Effects of a plyometrics intervention program on sprint performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 14 (3), 295-301.
82. Robinson, L. (2002). The effect of land versus aquatic plyometrics on power, torque, velocity, and muscle soreness. (Master thesis). Ohio: Ohio State University.
83. Robinson, L., Devor, S., Merrick, M. & Buckworth, J. (2004). The Effects of Land Versus Aquatic Plyometrics on Power, Torque, Velocity, and Muscle Soreness in Women. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18(1), 84-91.
84. Rodrigues, B., Dantas, E., Freitas de Alles, B., Miranda, H., Koch, A., Willardson, J. & Simao, R. (2010). Creatine kinase and lactate dehydrogenase responses after upper-body resistance exercise with different rest intervals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24(6), 1657-1662.
85. Salaj, S. & Markovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change of direction motor abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(5), 1249-1255.
86. Smith, L., Fulmer, M. and Holbert, D., McCammon, M., Houmard, J., Frazer, D., Nsien, E., Israel, R. (1994). The impact of a repeated bout of eccentric

- exercise on muscular strength, muscle soreness and creatine kinase. *British journal of sports medicine*, 28 (4), 267-271.
87. Shaffer, J. (2007). The Effects of a Six-week Land-based and Aquatic-based Plyometric Training Program on Power, Peak Torque, Agility, and Muscle Soreness. (Master Thesis) USA: West Virginia University.
  88. Sheppard, J., Dingley, A., Janssen, I., Spratford, W., Chapman, D. & Newton, R. (2011). The effect of assisted jumping on vertical jump height in high-performance volleyball players. *Journal of science and medicine in sport*, 14 (1), 85–89.
  89. Shiran, M., Kordi, M., Ziaee, V., Ravasi, A. & Mansournia, M. (2008). The effect of aquatic and land plyometric training on physical performance and muscular enzymes in male wrestlers. *Research Journal of Biological Sciences*, 3(5), 457-461.
  90. Siff, M. & Verkhosansky, Y. (1998). Supertraining: Strength training for sporting excellence. University of the Witwatersrand, Johannesburg, South Africa.
  91. Stemm, J. & Jacobson, B. (2007). Comparison of land- and aquatic- based plyometric training on vertical jump performance. - *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(2), 568-571.
  92. Stone, M., Collins, D, Plisk, S. & (2000) Training principles: evaluation of modes and methods of resistance training. *Strength and Conditioning Journal*, 22, 65-76.
  93. Thein, J.M. & Brody, L.T. (1998). Aquatic-based rehabilitation and training for the elite athlete. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 27, 32-41.
  94. Thomas, K., French, D. & Hayes, Pr. (2009). The effect of two plyometric training techniques on muscular power and agility in youth soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(1), 332-335.
  95. Turner, A. & Jeffreys, I. (2010). The stretch-shortening cycle: Proposed mechanisms and methods for enhancement. *Strength and Conditioning Journal*, 32(4), 87-99.
  96. Tofas, T., Jamurtas, A., Fatouros, I., Nikolaidis, M., Koutedakis, Y., Sinouris, E., Papageorgakopoulou, N. & Theocharis, D. (2008). Plyometric exercise increases serum indices of muscle damage and collagen breakdown. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (2), 490–496.

97. Triplett, N., Colado, J., Benavent, J., Alakhdar, Y., Madera, J., Gonzalez, L. and Tella, V. (2009). Concentric and impact forces of single-leg jumps in an aquatic environment versus on land. *Medicine and science in sports and exercise*, 41 (9), 1790–1796.
98. Vuk, S. (2011). Procjena funkcije mišićnog sustava nogu: odnos vanjskih opterećanja i mehaničkih izlaza. (Doktorski rad). Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Kineziološki fakultet.
99. Vuk, S., Markovic, G. and Jaric, S. (2012). External loading and maximum dynamic output in vertical jumping: the role of training history. *Human movement science*, 31 (1), 139–151.
100. Wilson, J. & Flanagan, E. (2008). The role of elastic energy in activities with high force and power requirements: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22 (5), 1705-1715.
101. Wilber, R.L., Moffatt, R.J., Scott, B.E., Lee, D.T. & Cucuzzo, N.A. (1996) Influence of water run training on the maintenance of aerobic performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 28(8), 1056-1062.
102. Wilcock, I.M., Cronin, J.B. & Hing, W.A. (2006). Physiological response to water immersion. A method for sports recovery? *Sports Medicine*, 36(9), 747-765.



## 8. ŽIVOTOPIS I POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA

Vlatka Wertheimer rođena je 07.07.1986. u Osijeku gdje je završila OŠ Antuna Mihanovića te Prirodoslovno-matematičku gimnaziju. 2004. godine upisuje Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu na kojem je diplomirala 2009. godine s prosječnom ocjenom 4,72 i s temom „Usporedba metoda za procjenu anaerobnog praga u plivanju, biciklizmu i trčanju kod triatlonaca“ na usmjerenju Kondicijska priprema sportaša. Dvije godine zaredom proglašena je najboljom studenticom generacije. Nakon završetka diplomskog sveučilišnog studija kineziologije iste godine upisuje poslijediplomski doktorski studij kineziologije na Kineziološkom fakultetu.

Od 2010. rado kao vanjski suradnik Kineziološkog fakulteta, a 2013. godine izabrana je u naslovno nastavno zvanje predavača u području društvenih znanosti za polje kineziologije na predmetima Plivanje i modulu Fitnes.

Tijekom školovanja trenirala je niz sportova, no najdulji period provela je trenirajući plivanje kojim se i danas bavi. Od 2005. radi u plivačkom klubu Dupin, a u međuvremenu radila je u nekoliko plivačkih klubova, triatlon klubu Swibir te u ulozi direktora nacionalnih triatlon selekcija. Tijekom studiranja započinje s radom u ulozi voditelja raznih grupnih fitnes programa u zagrebačkim fitnes-centrima te ih i danas provodi u FC XXL1 i XXL2 te u wellness i spa-centru Allegra. Niz godina radila je kao voditelj grupnih programa vježbanja i animator u Adriatic Eco Resortu Pine Beach, a potom i u funkciji voditelja tima animacije. Od rujna 2014. radi u nastavnom zvanju predavačice na predmetu Tjelesna i zdravstvena kultura Studija dizajna Arhitektonskog fakulteta.

Do danas kao samostalni autor i u koautorstvu objavila je 17 stručnih i znanstvenih radova na raznim domaćim i međunarodnim konferencijama te stručnim i znanstvenim časopisima. Obavlja dužnosti urednice konferencije „Kondicijska priprema sportaša“ i tajnice časopisa „Kondicijski trening“. Svoja stručna znanja i znanstvena istraživanja usmjerila je prema učincima kondicijske pripreme, a posebno onima vezanim uz provedbu u vodi.

1. Wertheimer, V. (2014). The effect of aquatic plyometric training on physical performance. 7th International Scientific Conference on Kinesiology 2014. / Milanović, D. & Sporiš, G.(ed.), Opatija.
2. Wertheimer, V. (2014). Čimbenici izdržljivosti kod žena. Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2014. / Jukić, I.; Gregov, C.; Šalaj, S.; Milanović, L.; Wertheimer, V. (ur.), Zagreb.
3. Wertheimer, V. & Jukić, I. (2013). Aquatic training – an alternative or complement to the land-based training. *Hrvatski Športskomedicinski Vjesnik*, 28, 57-66.
4. Wertheimer, V. (2013). Kondicijski trening eksplozivnih sposobnosti u vodi. *Kondicijski trening*, 11(2), 24-28.
5. Wertheimer, V., Miličić, M., Šaban, Ž. (2012). Specifične strategije za unapređenje izvedbe u triatlonu. Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2012. / Jukić, I.; Gregov, C.; Šalaj, S.; Milanović, L.; Wertheimer, V. (ur.), Zagreb.
6. Miličić, M., Šaban, Ž., Wertheimer, V. (2012). Primjena sobne plaže u specifičnoj kondicijskoj pripremi triatlonaca dugih triatlona. Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2012. / Jukić, I.; Gregov, C.; Šalaj, S.; Milanović, L.; Wertheimer, V. (ur.), Zagreb.
7. Wertheimer, V. i Zoretić D. (2011). «Novi» rekviziti i njihova primjena u grupnim programima vježbanja. Zbornik radova konferencije Sportska rekreacija u funkciji unapređenja zdravlja./ Andrijašević, M.(ur.), Osijek, 353-357.
8. Zoretić, D., Grčić-Zubčević, N. i Wertheimer, V. (2011). Noviji nastavni prostori i pomagala u svrhu unapređenja kompetencija učenika. 6.Kongres FIEP-a Europe. Physical education in the 21st century - pupil's competencies. Poreč, Croatia, 528-533.
9. Wertheimer, V. i Zoretić, D. (2011). Međupredmetna projektna nastava u svrhu stjecanja osnovnih znanja i radnih navika. 6.Kongres FIEP-a Europe. Physical education in the 21st century - pupil's competencies. Poreč, Croatia, 520-527.
10. Wertheimer, V. i Zoretić D. (2010). Analiza razlika i efekata treninga osjećaja za vodu kod plivača druge godine škole plivanja. 1. Međunarodni naučno-stučni skup studenata sporta i fizičkog vaspitanja Mladi o sportskoj nauci i struci. / Mikalački, Milena (ur.). Novi Sad, 85-90.

11. Zoretić, D., Wertheimer, V. i Leko, G. (2010). Differences in methods determining the anaerobic threshold of triathletes in the water. Proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and medicine in swimming. Per-Ludvik Kjendlie: Robert Keig Stallman: Jan Cabri (edt.). Oslo, 238-241.
12. Zoretić, D., Wertheimer, V. i Fajdetić, M. (2010). Doprinos brzine segmenata kraul tehnike na rezultat plivanja 25 m kraul kod plivača plivačke škole. Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2010. Jukić, Igor; Gregov, Cvita; Šalaj, Sanja; Milanović, Luka; Trošt-Bobić, Tatjana (ur.). Zagreb, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske, 351- 355.
13. Wertheimer, V., Vučetić, V. i Leko G. (2010). Primjena vježbi brzine, agilnosti i eksplozivne snage u plivanju. Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2010. / Jukić, Igor; Gregov, Cvita; Šalaj, Sanja; Milanović, Luka; Trošt-Bobić, Tatjana (ur.). Zagreb, Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske, 351-355.
14. Wertheimer, V., Vučetić, V. i Leko G. (2009). Metode za određivanje anaerobnog praga u vodi. Kondicijski trening: stručni časopis za teoriju i metodiku kondicijske pripreme. 7(1), 11-19.
15. Wertheimer, V., Vučetić, V. i Zoretić, D. (2009). Utječe li kompresijska odjeća na sportove izdržljivosti? Zbornik radova međunarodne konferencije Kondicijska priprema sportaša 2009./ Jukić, Igor; Milanović, Dragan; Šalaj, Sanja; Gregov, Cvita (ur.), Zagreb: Kineziološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Udruga kondicijskih trenera Hrvatske, 403-407.
16. Wertheimer, V. i Vučetić V. (2008). Vježbe snage na suhom kod plivača triatlonaca. Kondicijski trening: stručni časopis za teoriju i metodiku kondicijske pripreme. 6 (1); 45-51.
17. Wertheimer, V. i Vučetić V. (2008). Praćenje intenziteta opterećenja na satu aerobika. Zbornik radova 17. ljetne škole kineziologa Republike Hrvatske na temu: Stanje i perspektiva razvoja u područjima edukacije, sporta, sportske rekreacije i kineziterapije. Neljak, Boris (ur.). Zagreb: Hrvatski kineziološki savez.